

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»**

**КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ а/д М-12 СТРИЙ – ТЕРНОПІЛЬ
– КРОПИВНИЦЬКИЙ – ЗНАМ'ЯНКА (через ВІННИЦЮ) у
ХМЕЛЬНИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ**

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІМ-22
ПАНАСЮК Владислав Сергійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
ТАЛАХ Людмила Олександрівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
« ____ » грудня 2025 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Автомобільні дороги та аеродроми»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПАНАСЮК Владислав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ Капітальний ремонт а/д М-12 Стрий - Тернопіль – Кропивницький - Знам'янка (через м. Вінницю) у Хмельницькій області _____

Керівник роботи _____ Людмила ТАЛАХ к.т.н., доцент _____

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02 .
та змінами до цього наказу №439/01-02 . від .23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р. _____.

3. Вихідні дані до роботи . Матеріали інженерних вишукувань по об'єкту: кліматичні умови регіону; дані по будівельно-матеріальним ресурсам регіону; характеристики транспортних потоків; план місцевості з даними по землеволодінню, інфраструктурі, комунікаціях; ґрунтово-геологічні характеристики; гідрологічні дані по місцевості. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ, Розділ 1. Планувальні рішення, Розділ 2. Конструктивні рішення, Розділ 3. Технологія будівництва, Розділ 4. Організація будівництва, Розділ 5. Охорона праці, Розділ 6. Економіка будівництва, Розділ 7. Наукова частина _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. План автомобільної дороги _____
3. Поздовжній профіль _____
4. Поперечні профілі земляного полотна _____
5. Конструкції дорожнього одягу _____
6. Штучна споруда _____
7. Організація дорожнього руху _____
8. Будівельний генеральний план _____
9. Лінійний календарний графік _____
10. Технологічна схема улаштування дорожнього одягу _____
11. Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена) _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Планувальні рішення	ТАЛАХ Л.О., доцент		
Конструктивні рішення	ПРОЦЮК В.О., доцент		
Технологія будівництва	ШИМЧУК О.П., доцент		
Організація будівництва	ШИМЧУК О.П., доцент		
Охорона праці	ТАЛАХ Л.О., доцент		
Економічна частина	ТАЛАХ Л.О., доцент		
Наукова частина	ТАЛАХ Л.О., доцент		

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання 1 і 2 розділів (планувальні рішення, конструктивні рішення)	14.10.2025	
2	Виконання 3 і 4 розділів (технологія будівництва, організація будівництва)	25.10.2025	
3	Виконання 5, 6 і 7 розділів (охорона праці, економіка будівництва, наукова частина)	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	06.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувача кафедри, направлення на рецензію	14.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	14.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	20.12.2025, 26.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____ Владислав ПАНАСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Людмила ТАЛАХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

ПАНАСЮК В.С. Капітальний ремонт а/д М-12 Стрий - Тернопіль - Кропивницький - Знам'янка (через м. Вінницю) у Хмельницькій області (на матеріалах інженерних вишукувань по об'єкту; кліматичних умовах регіону, даних по будівельно-матеріальних ресурсах регіону; характеристиках транспортних потоків, плану місцевості з даними по землеволодінню, комунікаціях; ґрунтово-геологічних характеристиках; гідрологічних дані по місцевості). Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, семи розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел.

У роботі розроблено проєкт капітального ремонту автомобільної дороги М-12 Стрий - Тернопіль - Кропивницький - Знам'янка (через м. Вінницю) у Хмельницькій області та запропоновані ефективні, сучасні технології з влаштування дорожнього одягу з укоченого цементобетону.

Досліджено та проаналізовано стан автомобільної дороги на ділянці проєктування та обґрунтовано доцільність проведення капітального ремонту даної ділянки траси.

В роботі проведено дослідження з визначення модуля пружності матеріалу покриття, міцності, морозостійкості, впливу агресивного середовища на міцність зразків, стираності поверхні, усадки бетонів і фібробетонів.

Запропоновані заходи з облаштування автомобільної дороги та її благоустрою.

Ключові слова: автомобільна дорога, земляне полотно, дорожній одяг, укочений цементобетон, штучна споруда

ABSTRACT

PANASYUK V.S. Overhaul of highway M-12 Stryi- Ternopil - Kropyvnytskyi - Znamyanka (through Vinnytsia) in Khmelnytskyi Oblast (based on materials from engineering surveys of the object; climatic conditions of the region, data on construction and material resources of the region; characteristics of transport flows, a plan of the area with data on land ownership, communications; soil and geological characteristics; hydrological data on the area). Manuscript.

Master's qualification work of the educational program "Construction and Civil Engineering" specialty 192 Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's qualification work consists of an introduction, seven chapters, conclusions, appendices, and a list of sources used.

The work develops a project for the overhaul of the M-12 Stryi - Ternopil - Kropyvnytskyi - Znamyanka highway (via Vinnytsia) in the Khmelnytskyi region and proposes effective, modern technologies for the construction of road surfaces made of rolled cement concrete.

The condition of the highway at the design site was investigated and analyzed, and the feasibility of major repairs of this section of the highway was substantiated.

The work included research on determining the modulus of elasticity of the coating material, strength, frost resistance, the influence of aggressive environments on the strength of samples, surface abrasion, shrinkage of concrete and fiber concrete.

Proposed measures for the construction and improvement of the highway.

Keywords: highway, earthen road, road surface, rolled cement concrete, artificial structure

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ	
1.1. Природні умови	7
1.2. Загальна характеристика існуючої дороги	8
1.3. Аналіз стратегії утримання АБ та ЦБ автодоріг	10
1.4. План траси	13
1.5. Поздовжній профіль	13
1.6. Земляне полотно	14
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	15
Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ	
2.1. Дорожній одяг	16
2.2. Штучні споруди	22
2.3. Будівлі і споруди дорожньої і автотранспортної служби	25
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	25
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА	
3.1. Підготовчі роботи	26
3.2. Земляні роботи	26
3.3. Технологія укладання ДО	28
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	33
Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	
4.1. Розрахунок тривалості будівництва	34
4.2. Потреба будівництва в тимчасових спорудах, воді та електриці	34
4.3. Умови забезпечення будівництва основними матеріалами, напівфабрикатами і конструкціями	35
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	38
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 5	40
Розділ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА	

6.1. Аналіз вартості основних будматеріалів	41
6.2. Розрахунок вартості	42
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6	44
Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА	
7.1. Актуальність теми	45
7.2. Закордонний досвід	46
7.3. Загальні поняття про УЦБ	48
7.4. Український досвід застосування УЦБ	50
7.5. Проектування складу УЦБ та формування зразків для дослідження	52
7.6. Характеристики УЦБ	55
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7	65
Література	67
Додаток А Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва	
Додаток Б. Графічна частина	75

ВСТУП

Робота на тему: «Капітальний ремонт а/д М-12 Стрий – Тернопіль – Кропивницький – Знам'янка (через м. Вінницю) у Хмельницькій області» виконана згідно виданого завдання.

Дорога М-12 є частиною транспортного коридору GO Highway, яка з'єднує порти Чорного моря Миколаїв та Одеси з Гданськом на Балтійському морі у Польщі. Також разом з а/д М-04 складає найдовший шлях України а/д М-30. Дорога вкрай важлива для розбудови проєкту індустріального парку, який має на меті забезпечити підвищення економічного розвитку країни, конкурентноспроможності території, привабливого інвестиційного клімату та створення нових робочих місць.

Проєктна ділянка розташована у Меджибізькій селищній територіальній громаді Хмельницького району Хмельниччини. Має параметри II категорії з шириною земполотна 14,50 м. Наявні перехрещення та примикання автошляхів виконані в одному рівні і не обладнанні направляючими острівцями та перехідно-швидкісними смугами в повному обсязі.

Побудована в 80-х роках минулого століття а/д М-12 до цього часу жодного разу капітально не ремонтувалася.

Потреба ремонту ділянки а/д М-12 капітального виду викликана невідповідністю параметрів земполотна, закінченням міжремонтного терміну служби ДО, його незадовільним станом проїзної частини сучасним вимогам.

До того ж, на ділянці а/д збільшився транзит великовантажних ТЗ. Асфальтобетонне покриття погано витримує навантаження від 40-тонних фур, які їхатимуть цією дорогою. Влаштування нежорсткого ДО призведе до швидкого його руйнування.

Проєктом заплановано спорудження ДО за новими технологіями із використанням бетону місцевого виробництва. Реалізація даних заходів має посприяти поліпшенню дорожніх умов, збільшенню терміну служби ділянки а/д та зменшити економічні витрати у перспективі.

Розділ 1. ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

1.1. Природні умови

Помірно-континентальний клімат та розташування в глибині материка Хмельницького регіону сприяють впливу континентальних повітряних мас на погоду області. В усі пори року район знаходиться під впливом Античноокеанічних циклонів та різноманітних форм рельєфу.

Середньорічна температура повітряних мас в межах спорудження проектної ділянки до 7,9°, середні температури повітря влітку +19,1°C з max +38°C, взимку середня -1,3°C, min -5,5°C. Напрямок вітру Пн-Зх та Пн-Сх. Висота покриву снігу до 13 см. На території пролягання відведених під будівельні роботи земель випадає 563-695 мм на рік опадів.

Геологічна будова Хмельницького регіону характеризується розташуванням в межах крайньої частини східної Волинської і центрально-східної Подільської височин.

На основі даних інженерно-геологічних робіт наявні наступні **різновиди ґрунтів (ІГЕ)**:

- ІГЕ-1 –пісок маловологий, насипний, дрібний, середньої щільності, зверху дорожнє покриття;
- ІГЕ -2 – пісок темно-сірий, маловологий, гумусований, дрібний, середньої щільності;
- ІГЕ -3 – пісок світло-сірий, маловологий та насичений водою, дрібний, середньої щільності;
- ІГЕ- 4 – пісок світло-жовтувато-сірий, маловологий, середньої крупності, середньої щільності;
- ІГЕ- 5- пісок світло-жовтувато-сірий, коричневатого-жовтий, зеленувато-сірий пілуватий, середньої щільності, маловологий та насичений водою;
- ІГЕ - 6 – супісок сірий, піщанистий, тугопластичний;
- ІГЕ - 7 – суглинок жовто- сірий, легкий, переважно піщанистий, комковатий, ділянками тонкошаруватий, тугопластичний.

Гідрогеологічні умови характеризується наявністю приуроченого до флювіогляціальних відкладів четвертинного віку водоносного горизонту. Наявні піски, супіски і суглинки являються водомісткими ґрунтами. Слаботріщинувата крейда служить в якості водотриву. Живлення горизонту відбувається за допомогою інфільтрації атмосферних опадів.

1.2. Загальна характеристика існуючої дороги

На завантаження районну тяжіння особливий вплив здійснюють підприємства провідних галузей Хмельниччини, Рівненщини, Тернопільщини, Вінничини, Чернівецької області, зокрема, їх адміністративні та промислові центри. Вагомі галузі районну тяжіння – металообробка, машинобудування, легка, харчова, деревообробна промисловості. Значно розвинулася промисловість будівельних матеріалів. Розташування логістичних центрів поблизу даної а/д сприяє збільшенню частки великовантажних автівок у загальному ТП.

У таблиці 1.1 представлені інтенсивність руху на проектній частині а/д М-12 на 2025 рік та підрахована на перспективу у 20 років.

Таблиця 1.1 – Відомість інтенсивності руху

Рік	Вантажний рух, авт./добу			Пасажирський рух,			загальна інтенсивність руху, авт./добу	інтенсивність руху, приведена до легкового авто	
	Есього	у тому числі		Всього	у тому числі				
		легкі	середні		важкі	легкові			автобуси
2025	648	141	67	440	2627	2508	119	3275	5196
2030	981	212	106	663	3851	3669	182	4832	6998
2035	1238	282	118	838	5035	4839	196	6273	10099
2045	1842	378	155	1309	6295	6053	242	7937	12519

Існуюча а/д М-12 на ділянці капітального ремонту побудована в 80-х роках минулого століття. Земляне полотно існуючої дороги займає її середню частину.

В плані існуюча дорога кутів повороту немає. Земполотно розташоване, переважно по насипу висотою від 0,5 д 2,6 м. Дорожній одяг існуючої дороги з АБ.

На частині проїзду у межах 1 смуги з інтенсивністю N_p (приведеною розрахунковою), відомою приблизною кількістю проїздів усіх коліс, розташованих по одному борту ТЗ та навантаженням на ДО, середньодобова приведена до розрахункового навантаження Q_p інтенсивність, визначається за формулою:

$$N_p = f_1 \cdot f_2 \cdot N \cdot \sum \delta_n \cdot S_n,$$

де f_1 – коефіцієнт розподілення кількості проїздів по смугах руху та який вираховується для найбільш напруженої смуги;

f_2 – враховуючий ширину смуги руху коефіцієнт;

N – інтенсивність руху у перспективі на 20 років вантажних і пасажирських ТЗ, авт/добу;

δ_n – частка вантажних та пасажирських ТЗ у складі руху у долях одиниці;

S_n – сумарний коефіцієнт за руйнівною дією для приведення на ЦБ ДО n -го ТЗ до розрахункового навантаження, отримується за сумарним відношенням еквівалентного колісного тах навантаження для 1-ої осі до піднесеного до степеню 5,5 розрахункового навантаження;

n – сумарний склад типів марок ТЗ (вантажних і пасажирських) у складі ТП.

Очікувана інтенсивність ТЗ для вантажних і пасажирських перевезень в 2-х напрямках підраховується:

$$N = 2 \cdot (0,41 - 0,38 \cdot a) \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot a_6$$

де $(0,41 - 0,39 \cdot a)$ – здатність пропускати авто за секунду;

a – доля автівок (вантажних і пасажирських) у ТП;

a_1 – коефіцієнт переведення ПЗ у інтенсивність руху;

a_2 – коефіцієнт впливу різноманітності дорожніх умов на ТП;

a_3 та a_4 – коефіцієнти переведення секундної інтенсивності у годинну та годинної інтенсивності добову і відповідно;

a_5 – коефіцієнт впливу пересічень та перехрестя на інтенсивність руху;

a_6 – коефіцієнт залежності від складу руху і кількості смуг.

Сумарна розрахункова повторність N_{pt} обчислюється:

$$N_{pt} = N_p \cdot n_c \cdot \frac{(q^t - 1)}{(q - 1)}$$

де n_c – число днів року з позитивною температурою повітря;

q – показник, який описує щорічний приріст інтенсивності руху;

t – термін служби ДО пеед капремонтм.

Отже, отримаємо:

$$N = 2 \cdot (0,4 - 0,39 \cdot 0,65) \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 3600 \cdot 12 \cdot 0,86 \cdot 1,69 = 329323,46 \text{ авт/добу}$$

$$N_p = 0,58 \cdot 1,2 \cdot 329323,46 \cdot (1,6 + 6,9 + 9,7 + 23 + 49) = 20674663,36 \text{ авт/добу}$$

$$N_{pt} = 20674663,36 \cdot 148 \cdot \frac{(1,3^{25} - 1)}{(1,3 - 1)} = 3964569973 \text{ 39}$$

1.3. Аналіз стратегії утримання АБ та ЦБ автодоріг

Для вибору типу ДО на а/д будемо керуватися перевагами та недоліками можливих до застосування типів дорожніх покриттів. Для цього розглянемо стратегію утримання АБ та ЦБ автодоріг взяті на основі закордонного досвіду з урахуванням подібних кліматичних та інших умов до умов на проєктній ділянці.

Стратегія утримання а/д з АБ покриттям наступна:

- через 9 років – заміна шару зносу у кількості 40%;
- через 18 років – проведення капітального ремонту з частотою заміною ДО (близько 5%);
- після 24 років- заміна 60% шару зносу;
- після 27 років - заміна 60% ДО новим на решті 40 % а/д ролведення капретонту;
- після 30 років залишкова довговічність поверхні ДО становитиме близько 16 млн осей з 100 кН.

Стратегія утримання ЦБ покриття протягом 30 років:

- після 9 років - заміна ущільнень швів (горизонтальних і вертикальних);
- після 18 років - заміна 5% плит та ущільнень швів (горизонтальних і вертикальних);
- після 24 років - заміна плит у кількості 3%;
- після 27 років - заміна 5% плит та ущільнень швів (горизонтальних і вертикальних);
- після 30 років – заміна решта конструкції ДО.

Перевагами ЦБ покриттів є 3-3,5 рази більша довговічність порівняно із АБ ДО, а відсутність утравлення колійності дає можливість збільшити термін експлуатації ЦБ а/д до 40-50 років навіть при високому навантаженні. ЦБ покриття є безпечнішими, адже світлий колір при несприятливих погодніх умовах підвищує видимість на дорозі (рисунок 1.1). Також на ЦБ дорогах скорочуються витрати на освітлення в темну пору доби.



Рисунок 1.1 Видимість на а/д при різних типах покриття

На ЦБ дорогах гальмівний шлях майже на 50 м менший гальмівний шар при сухому покритті та на 30 м при вологому у порівнянні з АБ покриттям (рисунок 1.2).

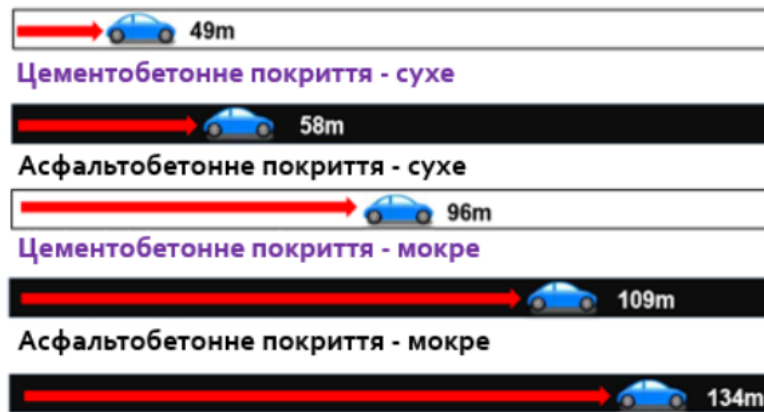


Рисунок 1.2 Гальмівний шлях

До того ж ЦБ є економічно вигіднішими, враховуючи перспективу у 30 років. Після зими стан АБ автодоріг різко погіршується, чого не можна сказати про цементобетонні а/д (рисунок 1.3). Це потребує додаткових витрат на поточний ремонт. На утримання ЦБ доріг витрачається менше коштів за увесь період експлуатації, а доступність вітчизняної сировини значно здешевлює витрати на матеріали. Зменшення опору кочення на ЦБ доррогах дає можливість зекономити 5-10 % палива.

АБ дороги

ЦБ дороги



Рисунок 1.3 Стан а/д після зими

Перевагами АБ є наявність в Україні необхідної техніки для укладання покриття та швидкість спорудження конструкції, адже проїзд ТЗ можливий вже за декілька годин після укладання АБС. ЦБ покриття укладаються довше та здатні для проїзду ТЗ не раніше, як через 28 діб після будівництва, до того ж в Україні практично відсутнє обладнання для зведення таких доріг.

Усунути ці недоліки можна шляхом застосування на проектній ділянці укоченого ЦБ. Це відносно нова технологія, яка зараз заслуговує на неабияку увагу. Для укладання УЦБ достатньо устаткування, яким укомплектована дорожньо-будівельна організація, ніякого спеціального устаткування не потрібно.

1.4. План траси

Початок проектної частини ділянки а/д М-12 ПК 2538+45 відповідає км 253 + 845 автодороги М-12, кінець – ПК2555+70 – км 255+570 вказаної дороги. В цілому довжина проектної частини траси складає 1,725 км. Траса прокладена по осі існуючої. Це пряма ділянки без кутів повороту.

На ПК 2539+880 від а/д відмикає ліворуч дорога в ліс; на ПК 2540+78 праворуч дорога в поле.

На ПК 2552+20 від а/д відмикає ліворуч дорога в поле, праворуч примикає територіальна дорога Т-2319.

Усі пересічення та примикання мають тверде покриття.

1.5. Поздовжній профіль

Існуюча ділянка а/д споруджена по насипу висотою від 0,0 до 2,1 м.

Поздовжній профіль проектної частини траси запроектований у відповідності до [1], виходячи з умов забезпечення швидкості (розрахункової), тах використання існуючого ДО та з урахуванням усіх необхідних умов. На ділянці ПК 2550+35 – ПК 2554+25 поздовжній профіль проектної ділянки влаштовується по виїмці. Величина товщини посилення існуючого ДО становить 0,21 м.

Основні техпоказники ПП наступні:

- тах поздовжній ухил (на ділянці кривої ПК 2551+00) – 39 ‰;
- найменші *R* вертикальних кривих:
- випуклих (ПК 2555+00 – ПК 2555+70) – 12300 м;
- увігнутих (ПК 2556+00 – ПК 2557+00) – 6900 м.

1.6. Земляне полотно

Ширина існуючого спорудженого земполотна складає 13,75-14,5 м. Ширина передбаченого проектом земляного полотна має бути 15,0 м. На ділянках встановлення бар'єрного металевого огородження:

- одностороннього – 15,11 м;
- двостороннього – 15,62 м.

Проектом заплановано 5 типів поперечного профілю полотна землі.

Крутизна укосів конструкції полотна встановлена 1:4 та 1:1,75 за умови встановлення бар'єрного огородження на узбіччі.

Перед проведенням робіт по розширенню земляного полотна слід виконати зняття родючого ґрунтового шару (товщ. 0,10 м). Зрізаний ґрунт об'ємом 8077 м³ складуватиметься на тимчасовій площадці №1 ПК 2539+00 і на тимчасовій площадці №2 на ПК 2597+50 суміжної проектної ділянки в межах тимчасової смуги відводу. Родючий ґрунт в подальшому застосовується для укріплювальних робіт.

Досипка полотна земні проводитиметься із ґрунтових резервів, які знаходяться на землях Меджибізької селищної територіальної громади площею 5,0 га.

Ґрунти цих резервів представлені пилюватими та дрібними пісками. Об'ємна вага ґрунту рівна 1,79 т/м³. Коефіцієнти відносного ущільнення $K_e=1,08$, фільтрвці $K_\phi=1,4$ м/добу, ущільнення ґрунту $K=1,1$. Існуюче земполотно побудоване з середньої щільності маловологих дрібних пісків. На всій проектній ділянці капремонту насип є у стійкому добре ущільненому стані.

На укосах наявного земполотна для підвищення стійкості запроектованого земляного полотна запланована нарізка уступів (загальний об'єм 3581 м³, площа рихлення існуючих укосів 45969 м²).

Загальний об'єм земляних робіт рівний 109236 м³. Площа укріплення укосів земполотна – 121194 м², кюветів – 9825 м², дна кюветів – 963 м²,

щебенування дна кюветів – 262 м². Укріплення укосів і кюветів здійснюватиметься засівом трав.

Загальний водовідвід зі смуги придорожній забезпечується рельєфом місцевості, існуючими боковими канавами та запроектованими. На ділянці а/д з поздовжнім ухилом більше 30 ‰ (ПК2546+98÷ПК 2551+00 з метою запобігання розмиву узбіч та укосів землполотна встановлюється бортовий камінь з влаштуванням з проїзної частини водоскидів. Окрім водовідвідних споруд, які передбачені проектом, водовідвід з проїзної частини а/д М-12 забезпечується поперечними та поздовжніми ухилами траси.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У розділі 1 описано природні умови, стан існуючої ділянки, підрахована інтенсивність руху ТЗ, враховуючи вплив різних факторів на а/д.

Здійснено аналіз стратегії утримання а/д з АБ та ЦБ покриттям, наведено факти доцільності будівництва нового покриття ДО з укоченого цементобетону.

Запроектонано поздовжній та поперечні профілі полотна землі. Заплановане розширення існуючого землполотна, влаштування водовідвідних пристроїв відповідно діючим нормам.

Розділ 2. КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1. Дорожній одяг

Відповідно [1], якщо очікувана інтенсивність великовантажних ТЗ від загального пототу близько 15%, поряд є логічні центри, а маршрути руху прокладені також для контейнерів та зерновозів то раціональніше проектувати жорсткий ДО.

Спочатку призначаємо конструкцію ДО, а далі виконуємо її розрахунок шляхом перевірок:

- за міцністю покриття ДО;
- за стійкістю основи та за накопиченням у поперечних швах УЦБ покриття уступів;
- при впливі морозу за стійкістю до впливу здимання;
- можливістю дренажного шару відводити вологу.

«Розрахунок напруження від навантаження автомобілів в плиті бетонного покриття виконується шляхом визначення розподілу на категорії по жорсткості плит, що лежать на пружній підшві:

$$S = \frac{3E_{осн}(1-\mu_{осн}^2)b^3}{E_{\sigma}h^3(1-\mu_{\sigma}^2)},$$

де $E_{осн}$ – модуль пружності підшви еквівалентний, МПа;

$\mu_{осн}$ – коефіцієнт Пуассона системи ґрунт + підшва + підстиляючий шар;

b – ширини плити розділена навпіл;

E_{σ} – модуль пружності ЦБ на розтягування при вигині залежно від проектної марки бетону» [5].

Для бетону М500 $R_p = 5,5$ Мпа при $E_{\sigma} = 31000$ Мпа.

μ_{σ} – коефіцієнт Пуассона ЦБ.

$$1. S = \frac{3 \cdot 125(1-0,21^2)376^3}{31000 \cdot 18^3(1-0,18^2)} = 50,89$$

$$2. S = \frac{3 \cdot 118(1-0,21^2)376^3}{31000 \cdot 18^3(1-0,18^2)} = 36,99$$

$$3. S = \frac{3 \cdot 112(1 - 0,21^2)376^3}{31000 \cdot 18^3(1 - 0,18^2)} = 26,99$$

Від жорсткості плити залежить згинаючий момент рівномірно розподіленого по колу навантаження. Для плити обчислимо параметри жорсткості:

$$a_1 = \frac{1}{18} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 125(1 - 0,17)^2}{31000(1 - 0,25)^2}} = 0,0132$$

$$a_2 = 18 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 118(1 - 0,18)^2}{31000(1 - 0,25)^2}} = 0,0118$$

$$a_3 = \frac{1}{18} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 112(1 - 0,18)^2}{31000(1 - 0,25)^2}} = 0,0112$$

При розташуванні навантаження в центрі плити згинаючі моменти, які діючі на смугу покриттів обчислюємо за формулою:

$$M_{раo} = \frac{CP(1 + \mu_o)}{2PaR}, \text{ де}$$

P – розрахункове навантаження на покриття здвоєного колеса;

$R = D/2$ – радіус колеса, рівнозначного площі його відбитка;

C – залежний від значень aR коефіцієнт.

$$M_1 = \frac{0,235 \cdot 57 \cdot 1,18}{6,36 \cdot 0,237} = 10,47 \text{ кН / м};$$

$$M_2 = \frac{0,231 \cdot 57 \cdot 1,18}{6,36 \cdot 0,189} = 12,82 \text{ кН / м};$$

$$M_3 = \frac{0,217 \cdot 57 \cdot 1,18}{6,36 \cdot 0,181} = 12,68 \text{ кН / м};$$

Напруга в плиті від навантаження ТЗ:

$$\sigma_p = \frac{6 \cdot 12,68}{(0,18)^2} = 23,48 \cdot 10^4 \text{ МПа}$$

Покриття УЦБ розраховувалося шляхом перевірки його міцності за наступною умовою.

«Коефіцієнт запасу міцності $K_{мц}$ менший за розраховане значення відношення добутку комплексного коефіцієнта та розрахункової міцності бетону на розтяг при згині R_i^p до напруження розтягу при згині, які

утворюються від дії навантаження у бетонному покритті, з урахуванням перепаду по товщині плити температури σ_{pt} :

$$K_{мц} < \frac{K_p \cdot R_i^p}{\sigma_{pt}} \gg [5].$$

Напруження σ_{pt} (МПа) підраховуємо за залежністю:

$$\sigma_{pt} = \frac{Q_p \cdot K_m \cdot 60 \cdot K_{умв} \cdot K_{умт} \cdot \left(0,0592 - 0,09284 \cdot \ln \left(\frac{R}{l_{np}} \right) \right)}{h^2 \cdot K_t}$$

де Q_p – навантаження розрахункове, кН;

K_m – враховуючий вплив місця розташування навантаження коефіцієнт;

$K_{умв}$ – враховуючий умови роботи коефіцієнт;

$K_{умт}$ – враховуючий вплив штирових з'єднань коефіцієнт за умови контакту плит з основою;

h – товщина плити, м;

K_t – враховуючий вплив температурного короблення плит коефіцієнт;

R – радіус відбитка колеса, см;

l_{np} – характеристика плити (пружна), см.

$$R = \sqrt{\frac{Q_p}{0,1 \cdot \pi \cdot q_m}} = \sqrt{\frac{58,6}{0,1 \cdot 3,14 \cdot 0,83}} = 16,01$$

$$l_{np} = h^3 \sqrt{\frac{E(1-\mu_0^2)}{6 \cdot E_0^e(1-\mu^2)_m}} = 18^3 \sqrt{\frac{23600 \cdot (1-0,019^2)}{6 \cdot 128(1-0,021^2)_m}} = 463,98$$

Отже, підраховуємо:

$$\sigma_{pt} = \frac{58,6 \cdot 1,5 \cdot 60 \cdot 0,69 \cdot 1,07 \cdot \left(0,0592 - 0,09284 \cdot \ln \left(\frac{16,01}{463,98} \right) \right)}{186^2 \cdot 0,69} = 51,87$$

За додатком А [5] знаходимо:

$$R_i^p = B_{см} \cdot K_M \cdot K_y, \text{ де}$$

$$K_y = 0,008 \cdot N_p^{0,63} = 0,008 \cdot 20674663,36^{0,63} = 45,66$$

$$R_i^p = 3,75 \cdot 1,13 \cdot 45,66 = 193,48$$

Перевіряємо вимогу виконання умови:

$$K_{\text{мц}} = 1,41 < \frac{1,6 \cdot 193,48}{51,87} = 5,97$$

Умова виконується.

Потребу влаштування швів розширення виходячи з допустимих температурних напружень стиску визначаємо за формулою:

$$\sigma_t^{\text{доп}} = 0,031 \sqrt{E} \cdot \gamma \cdot h$$

де γ – щільність матеріалу, з якого складається плита, т/м³;

h – товщина плити, м.

$$\sigma_t^{\text{доп}} = 0,031 \sqrt{3,1 \cdot 10^4} \cdot 2,21 \cdot 0,18 = 31,06 \cdot 10^4 \text{ МПа}$$

«Шви розширення за умовою збереження міцності необхідно влаштовувати, якщо допустимі напруження $\sigma_t^{\text{доп}}$ будуть більшими за фактичні σ_t^{ϕ} (МПа), які визначаються за формулою:

$$\sigma_t^{\phi} = E \cdot \alpha \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{вих}}),$$

де E – модуль пружності ЦБ, МПа;

α – коефіцієнт температурної деформації ЦБ (лінійної);

T_{max} – max температура усередині по товщині плити ЦБ;

$T_{\text{вих}}$ – вихідна температура по товщині плити у середині бетону» [5].

$$\sigma_t^{\phi} = 3,1 \cdot 10^4 \cdot 0,89 \cdot 10^{-5} \cdot (27,3 - 16,9) = 28,69 \cdot 10^4 \text{ МПа}$$

$$\sigma_t^{\text{доп}} = 31,06 \cdot 10^4 \text{ МПа} > \sigma_t^{\phi} 28,69 \cdot 10^4 \text{ МПа.}$$

На ділянці необхідно влаштувати шви розширення.

Між швами розширення відстань $L_{\text{розш}}$ (м) при деформації стику прокладки шва розширення $\delta_{\text{пр}}$ (м) підраховується:

$$L_{\text{розш}} = \frac{E \cdot \delta_{\text{пр}}}{\sigma_t^{\phi} - \frac{\sigma_{\text{пр}} \cdot h_{\text{пр}}}{h}}$$

Знаходимо деформацію $\delta_{\text{пр}}$:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{B_{\text{пр}} \cdot \sigma_{\text{пр}}}{E_{\text{пр}}} = \frac{0,0098 \cdot 2}{8,5} = 0,002305 \text{ м}$$

Тоді відстань:

$$L_{розш} = \frac{3,1 \cdot 10^4 \cdot 0,0027}{26,69 \cdot 10^4 - \frac{2 \cdot 0,259}{0,18}} \approx 4,5 \text{ м}$$

У швах підраховуємо діаметр штирів:

$$d_{ум} = \sqrt{\frac{10 \cdot 9,7}{3 \cdot 8,7 \cdot 10 \cdot 0,75}} \approx 0,6 \text{ см}$$

У шарах основи розраховуємо конструкцію ДО за стійкістю.

Для а/д II категорії число гранично допустимих деформацій приймаємо рівне 0,23 см.

За критерієм недопустимих уступів між плитами стійкість забезпечена при умові:

$$q_{розр} \leq q_{дон}$$

Тиск на основу (розрахунковий) при навантаженні обох кутів плит біля поперечного шва підраховуємо:

$$q_{розр} = \frac{27,4 \cdot Q_p \cdot m_{см}}{l_T^2},$$

$$l_T = 2,5 \cdot h^3 \sqrt{\frac{E(1 - \mu_0^2)}{6 \cdot E_0^e(1 - \mu^2)_m}} = 2,5 \cdot 18^3 \sqrt{\frac{25700 \cdot (1 - 0,019^2)}{6 \cdot 125(1 - 0,018^2)_m}} = 117,46$$

Звідси:

$$q_{розр} = \frac{27,4 \cdot 58,6 \cdot 0,65}{(117,46)^2} = 0,08$$

«Допустимий тиск $q_{дон}$ (МПа) на основу:

$$q_{дон} = \frac{m}{100 \cdot K_n} [n_j \cdot A_1 \cdot l_T \cdot \gamma_{зр} + n_q \cdot A_2 \cdot (h + h_o + h_{Bo}) \cdot \gamma_{зр} + n_0 \cdot A_3 \cdot C]$$

де m – коефіцієнт, що враховує умови роботи;

K_n – коефіцієнт надійності;

A_1, A_2, A_3 – безрозмірні коефіцієнти, які залежать від кута внутрішнього тертя ґрунту і приймаються;

$\gamma_{зр}$ – питома вага ґрунту, тс/м²;

h_0 – проектна, тобто заздалегідь призначена товщина шару укріпленої основи, м;

$h_{в.о}$ – товщина вирівнюючого шару, м;

C – питоме зчеплення ґрунту основи, МПа;

n_j, n_q і n_0 – коефіцієнти, що враховують розміри площадки навантаження»

[5].

$$q_{дон} = \frac{1,3}{100 \cdot 1,1} [0,79 \cdot 0,99 \cdot 1162,3 \cdot 1,39 + 2,5 \cdot 4,95 \cdot (0,18 + 0,7 + 0,14) \cdot 1,39 + 1,32 \cdot 7,41 \cdot 32] = 2,06$$

Стійкість конструкції за цим розрахунком забезпечена, адже умова $q_{розр} \leq q_{дон}$ виконується.

При розрахунку на роботу у пружній стадії ДО, стійкість основи є достатньою при умові:

$$K_{ми} = \frac{T_{зр}}{T_a}$$

При $\varphi_N 29^\circ$ активне напруження зсуву: $\tau_n = 0,012986$ МПа.

Тобто, $T_a = 0,01302 \cdot 0,128 = 0,001667$ МПа.

Граничне рівне:

$$T_{зр} = 0,012986 \cdot 1,16 + 0,151 \cdot 0,012986 \cdot 16 \cdot \text{tg}29^\circ = 0,031667 \text{ МПа.}$$

$$K_{ми} = \frac{T_{зр}}{T_a} = \frac{0,031667}{0,001667} = 18, \text{ що більше } K_{ми}^{номр} = 1,48.$$

Стійкість забезпечена з запасом.

Конструювання ДО на посиленні та на ділянках розширення запроектовано у відповідності ТЕО капітального ремонту а/д з урахуванням витрат на утримання ДО в міжремонтний період (12 років для АБ, 21 рік для ЦБ).

Запроектовано 2 типи ДО на основній ділянці а/д М-12:

Тип 1 – на перебудованих ділянках траси:

- ЦБ товщ. 0,18 м;

- оптимальна ЩС С-5 з переробленим ц/б (6% від ваги суміші) товщ. 0,15

м;

- оптимальна ЩС С-13 товщ. 0,30 м;

- пісок товщ. 0,26 м.

Основа укладається на ширину 1 м більшу за ширину частини проїзду ТЗ із суміші обробленої цементом товщ. 0,15 м для того, щоб забезпечити роботу укладальника ЦБ.

Тип 2 – при покритті з АБ

а) посилення:

Існуючий ДО:

- верхні шари покриття АБ Др. Щ 0,05 м, АБ Кр. Щ 0,06 м та АБ Кр. П 0,08 м (просочення на 0,10 м);

- основа зі щебеню товщ. 0,21 м.

- вирівнюючий шар ЧЩ фракції 20-40 мм середньою товщ. 0,07 м;

- основа із ЧЩ товщиною 0,08 м.

- розлив БЕ в кількості 0,30 л/м² ;

- Кр. Щ АБ типу Б І марки товщиною 0,15 м (сумарно 2 шари);

- ЩМА товщиною 0,05 м.

б) поширення:

- верхній шар покриття – ЩМА товщ. 0,05 см, нижній шар – гарячий Щ Кр. АБ типу Б марки І товщ. 0,15 м;

- верхній шар основи із ЧЩ товщиною 0,10 м;

- нижній шар основи із ЩС оптимальної С-5 товщ. 0,26 м;

2.2. Штучні споруди

Під існуючою а/д пропуск паводкових і зливових вод здійснюється круглою залізобетонною трубою діаметром 0,75 м. Стан існуючої з/б труби незадовільний, до того ж за період експлуатації споруди зафіксовано невідповідності діаметру її витратам, що підтвержено розрахунками.

Проектом заплановано заміну з/б труби новою з відповідним діаметром.

Русло вхідних і вихідних оголовків укріплюються монолітним бетоном, це стосується і укосів біля них.

За наступною формулою визначимо витрати воли від зливого стоку у Хмельницькій області:

$$Q_{\text{зл}} = 16,7 \cdot a_{200} \cdot K_t \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi, \text{ м}^3 / \text{с}$$

де a_{200} – середня інтенсивність зливи тривалістю 1 год, мм/хв;

K_t – коефіцієнт переходу від інтенсивності зливи тривалістю 60 хвилин до інтенсивності розрахункової;

F – водозбірна площа, км²;

α – коефіцієнт витрати стоку на поверхні водозбору, залежного від відповідного виду ґрунту;

φ – врахування неповноти стоку коефіцієнтом редукції.

$$Q_{\text{зл}} = 16,7 \cdot 1,36 \cdot 1,42 \cdot 0,33 \cdot 0,265 \cdot 0,87 = 2,45 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Загальний обсяг:

$$W = 60000 \cdot \frac{1,36 \cdot 0,29 \cdot 0,33 \cdot 0,87}{\sqrt{1,42}} = 5709,19 \text{ м}^3$$

«Витрати води від сніготанення проводиться за формулою:

$$Q_{\text{Т}} = \frac{K_0 \cdot h_{\text{роз}} \cdot F}{(F + 1)^n} \cdot \delta_1 \cdot \delta_2, \text{ м}^3 / \text{с};$$

де K_0 – коефіцієнт дружності повені, $K_0=0,016$;

n – показник ступеня, $n = 0,25$;

$h_{\text{роз}}$ – розрахунковий шар сумарного стоку; $h_{\text{роз}} = \bar{h} \cdot K_p$;

\bar{h} – середній багаторічний шар стоку від сніготанення;

K_p – модульний коефіцієнт при гама-параметричному законі розподілу;

δ_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності в басейні озер, $\delta_1=0,9$;

δ_2 – коефіцієнт, що враховує зменшення витрат, при наявності в басейні лісів та боліт, $\delta_2=1,0$ » [6].

$$Q_{\text{Т}} = \frac{0,0143 \cdot 23,5 \cdot 0,33}{(0,33 + 1)^{0,25}} \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,2956 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Враховуючи, що $Q_{\text{зл}} > Q_{\text{Т}}$, за розрахунковий приймаємо $Q_{\text{зл}} = 2,45 \text{ м}^3 / \text{с}$ і подальші обчислення виконаємо з урахуванням акумуляції.

Для водотоку визначаємо розріз:

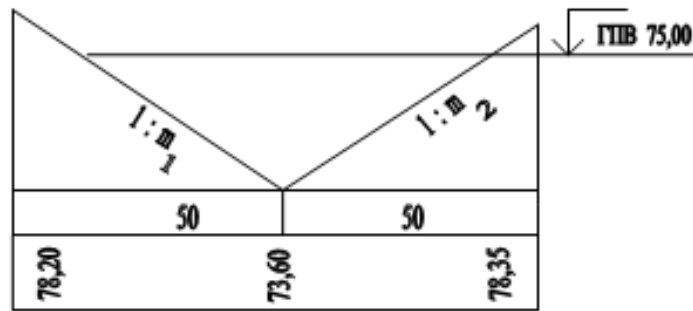


Рисунок 2.1 Переріз водотоку

$$K_0 = \frac{m_1 + m_2}{6i_0},$$

де K_0 – коефіцієнт форми улоговини;

$m_1; m_2$ – при закладення похилу логу коефіцієнт його відкосів;

i_0 – похил логу безпосередньо поблизу ШС.

$$m_1 + m_2 = \frac{50}{169 - 168} + \frac{50}{170,5 - 169,2} = 23,28$$

$$K_0 = \frac{23,28}{6 \cdot 8} = 0,49$$

За [6] враховуючи витрату води (розрахункову) діаметр труби приймаємо 1,5 м.

Визначаємо висоту (min) води біля споруди:

$$h_{\min} = 1,5 + 0,16 + 0,89 = 2,55 \text{ м.}$$

«Довжина труби без оголовка:

$$L = \frac{0,5B + 1,5(H_{\text{нас}} - d)}{1 + 1,5i_{\text{mp}}} + \frac{0,5B + 1,5(H_{\text{нас}} - d)}{1 - 1,5i_{\text{mp}}} + m,$$

де B – ширина земляного полотна поверху;

$h_{\text{нас}}$ – висота насипу;

d – діаметр труби;

m – товщина стінки оголовка» [6].

$$L = \frac{0,5 \cdot 15,00 + 1,5 \cdot (2,55 - 1,50)}{1 + 1,5 \cdot 0,0081} + \frac{0,5 \cdot 15,00 + 1,5(2,55 - 1,50)}{1 - 1,5 \cdot 0,0081} + 0,35 = 25,66 \text{ м}$$

Прийнята конструкція ШС відповідає необхідним умовам.

2.3. Будівлі і споруди дорожньої і автотранспортної служби

На ПК 2552+95 розташовані автобусні зупинки, параметри та розміщення яких не відповідають вимогам [1].

Даним проєктом передбачено влаштування нових автобусних зупинок з попереднім розбирання вже існуючих. Конструкцію автопавільйонів запроектовано з прив'язкою до місцевих умов за типом 4 згідно [1].

Конструкція ДО на зупинках аналогічна ДО основної а/д. На посадкових майданчиках конструкція ДО наступна: покриття із Щ Др. АБ типу Б марки П товщ. 4 см на основі із ЩС С-5 оптимальної товщ. 12 см.

В межах посадкових майданчиків слід влаштувати камінь бортовий на 20 см вищим за рівень покриття зупинкового майданчика.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

В результаті обчислень запроектовано та розраховано за відповідними критеріями конструкцію ДО з укочуваного цементобетону, також запроектовано типи конструкції ДО на примиканнях та укріплення узбіччя, проведено розрахунок штучної споруди.

Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Підготовчі роботи

Для виконання робіт капремонту прийняті наступні загони:

- для підготовчих робіт;
- для перебудови ШС;
- для спорудження земляного полотна;
- для будівництва ДО;
- для влаштування обладнання а/д.

Для зниження матеріаломісткості і кошторисної вартості реконструкції Проектом заплановано тах застосування матеріалів від розбирання, збірних з/б конструкцій, напрямних стовпчиків, опор дорожніх знаків, передової технології і нової техніки.

Роботи проходитимуть в одну зміну (основні ведучі машини). Напряв потоку обумовлений надходженням основних будматеріалів, тому прийнятий від початку траси.

Виконання **підготовчих робіт** заплановано на I квартал 2026 року. Їх потрібно завершити до початку проведення основних будівельних робіт в цілому. Підготовчі роботи включають: оформлення смуги відведення з перевлаштування комунікацій, вирубування насаджень, розбирання ДО, засобів ОДР, підготовка ґрунтового резерву.

Демонтаж існуючої труби та будівництво нової слід провести до спорудження земполотна. Елементи з/б труби заплановано монтувати автокраном.

3.2. Земляні роботи

Спорудження **земляного полотна** з урахуванням застосування прогресивних технологій передбачено такими високопродуктивними машинами та механізмами:

- розробка і навантаження ґрунту в резерві екскаватором-навантажувачем JCB 3СХ місткістю 1,2 м³ з транспортуванням автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) в насип;

По [7] на 100 м³ ґрунту $H_q=2,945$ екс. ємн. ковша екскаватора JCB 3СХ 0,65 м³.

$$П = \frac{8,2 \cdot 100}{2,945} = 278,43 \text{ м}^3 / \text{зм}$$

Потреба у екскаваторах JCB 3СХ (0,65 м³):

$$n = \frac{1903}{278,43 \cdot 3,5 \cdot 2} = 0,98$$

Застосуємо 1 ТЗ з $K_g=0,98$.

- утримання середнім автогрейдером SINOMACH землевозних доріг;

По [7] на 100 м² спорудження тимчасових шляхів $H_r=0,265$. Тоді:

$$П = \frac{8 \cdot 100}{0,265} = 3018,87 \text{ м}^2 / \text{зм}$$

$$n = \frac{603}{3018,87} = 0,199$$

Приймаємо 1 автогрейдер SINOMACH з $K_g=0,199$.

- в насипах розрівнювання при пошаровій відсипці ґрунту здійснюватиметься бульдозером TDC B5.

По [7] на 100 м² ґрунту $H_r=0,702$:

$$П = \frac{8,2 \cdot 100}{0,702} = 1168,09 \text{ м}^2 / \text{зм}$$

$$n = \frac{1903}{1168,09} = 1,63$$

Для виконання операції треба 1 бульдозер TDC B5 з $K_g=1,63$.

- ущільнення котком Bomag BW масою 25 т на пневматичних шинах ґрунтів в насипах земполотна.

По [7] на 100 м² площі ущільнення самохідних котком Bomag BW $H_r=1,356$. Тоді:

$$П = \frac{8,2 \cdot 100}{1,356} = 604,72 \text{ м}^2/\text{зм}$$

Ущільнення частини земполотна і його відкосів потребує:

$$n = \frac{1903 + 1506}{604,72} = 5,64$$

Потрібно 5 котків Bomag BW самохідних з $K_g=1,13$.

Перевозиться ґрунт автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) вантажопідйомністю 12 т із ґрунтового кар'єру Меджибізької селищної територіальної громади на середню відстань 12,0 км.

Отже, МДЗ для земляних робіт:

- бульдозер TDC B5 – 2 шт.
- екскаватор-навантажувач JCB 3CX – 1 шт.
- автогрейдерів SINOMACH – 1 шт.
- автосамоскиди DFH 3330A80 (Євро-5) – 14 шт.
- самохідних котків Bomag BW – 2 шт.

Проектом передбачена на 100% ступінь індустріалізації та механізації робіт при виконанні земробіт, а їх технологія та постідовність проведення техоперацій ув'язані з виконанням ДО.

3.3. Технологія укладання ДО

Технологію виконання робіт при влаштуванні **дорожнього одягу** приймати згідно [3].

Після планування та ущільнення земполотна укладається основа ДО. Підготовлений матеріал розподіляють по поверхні автогрейдером SINOMACH, для якого по [8] на 1000 м^2 $H_r=3,97$. Тоді:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{3,97} = 2065,49 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{860}{2065,49} = 0,416$$

Потрібно 1 автогрейдер SINOMACH з $K_g=0,416$.

По [8] на 1000 м² планування шару основи та його чистове профілювання проводитиметься профілювальником $H_r=5,96$. Тоді:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{5,96} = 1375,83 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{860}{1375,83} = 0,63$$

Буде використано 1 профілювальник з $K_e=0,63$.

Часткове планування шарів основи проводиться дорожніми робітниками вручну (13 люд).

Ущільнення основи спочатку шістнадцятитонним легким пневмокотком Bomag BW по 5 проходів по сліду, а далі тридцятитонним важким пневмокотком Bomag BW по 3 проходи по сліду.

По [8] на 1000 м² площі ущільнення основи легким пневмокотком Bomag BW $H_r=4,21$:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{4,21} = 1947,74 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{860 \cdot 5}{1947,74} = 2,21$$

Потрібно 2 легких пневмокотки Bomag BW з $K_e=1,11$.

По [8] на 1000 м² площі ущільнення пневмокотком Bomag BW важким $H_r=5,01$. Тоді:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{5,01} = 1636,73 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{860 \cdot 3}{1636,73} = 1,58$$

Потрібно 2 важких пневмокотки Bomag BW з $K_e=0,79$.

Після укладання матеріалу із використанням плівкоутворюючих матеріалів проводиться догляд за основою.

Для машини для нанесення плівкоутворюючого матеріалу по [8] на 1000 м² площі $H_r=4,08$:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{4,08} = 2009,8 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{860}{2009,8} = 0,43$$

Для нанесення плівкоутворюючого матеріалу треба 1 машина з $K_g=0,43$.

ЦБ шари покриття ДО споруджують комплексом механізмів, які передбачають укладання та ущільнення УЦБ. До них належать:

- асфальтоукладачі для розподілення і попереднього ущільнення укладеної ЦБ суміші;
- для остаточного ущільнення ЦБ суміші котки на пневматичних шинах гладковальцеві, вібраційні та комбінованої дії;
- для догляду за трердіючим ЦБ використовуватимутьс розподільники плівкоутворювальної речовини та ПМ машини;
- механізми для нарізання швів.

Послідовність проведення основних технологічних операцій наступна:

1. Встановлення копірної струни, де застосовуються:

Поліетиленовий шнур:

$$Q_{ш.}^{зак} = \frac{860}{1000} \cdot 15,96 = 13,726 м$$

$$Q_{ш.}^{зак} = \frac{14835}{1000} \cdot 193,2 = 2866,13 м$$

Стійки з металу:

$$Q_{с.}^{зак} = \frac{860}{1000} \cdot 0,246 = 0,21 = 21 шт$$

$$Q_{с.}^{зак} = \frac{14835}{1000} \cdot 0,246 = 3,65 = 365 шт$$

2. Доставка ЦБ суміші, її розподілення та ущільнення.

Оскільки товщина шару укоченого цементобетону в проєктних відмітках не перевищує 0,18 м, укладання покриття буде виконувати в один шар.

На початковому етапі робіт коригується висоту перевищення ЦБ суміші над проєктною відміткою під час улаштування першої ділянки, залежно від усадки бетону та типу котків для ущільнення.

Розраховуємо потребу ресурсів для спорудження покриття з ЦБ, використовучи МДЗ з асфальтоукладчиком.

Згідно [8] для покриття з УЦБ на 1 захватку $Q_{e.}^{зax} = 100$ м та на всю ділянку а/д $Q_{e.}^L = 1,725$ км необхідно:

Плівкоутворюючі матеріали ПМ-100А:

$$Q_{e.}^{зax} = \frac{860}{1000} \cdot 0,45 = 0,387 m$$

$$Q_{e.}^{зaz} = \frac{14835}{1000} \cdot 0,45 = 6,767 m$$

БНД:

$$Q_{e.}^{зax} = \frac{860}{1000} \cdot 0,00134 = 0,00116 m$$

$$Q_{e.}^{зaz} = \frac{14835}{1000} \cdot 0,00134 = 0,019879 m$$

Доски:

$$Q_{Д.}^{зax} = \frac{860}{1000} \cdot 0,043 = 0,03698 \text{ м}^3$$

$$Q_{Д.}^{зaz} = \frac{14835}{1000} \cdot 0,043 = 0,638 \text{ м}^3$$

Бруски із хвої:

$$Q_{Д.}^{зax} = \frac{860}{1000} \cdot 0,046 = 0,03956 \text{ м}^3$$

$$Q_{Д.}^{зaz} = \frac{14835}{1000} \cdot 0,046 = 0,682 \text{ м}^3$$

Арматурна сталь (14 мм) за проектом.

ЦБ суміш:

$$Q_{ЦБ.}^{зax} = \frac{860}{1000} \cdot 232 = 199,52 \text{ м}^3$$

$$Q_{ЦБ.}^{зaz} = \frac{14835}{1000} \cdot 232 = 3441,72 \text{ м}^3$$

ЦБ суміш ущільнюватиметься за допомогою гладковальцевих котків Bomag BW масою від 7 т до 9 т та від 12 т до 16 т. Перший етап ущільнення має проводитися легкими та середніми котками, а по завершенні виконується ущільнення важкими котками. Після відбору проб з влаштованого шару буде визначена необхідна кількість проходів кожного котка по одному сліду. Фізико-

механічні характеристики зразків дорожнього УЦБ ри цьому повинні відповідати вимогам проєкту і властивостям зразків, виготовлених у лабораторних умовах.

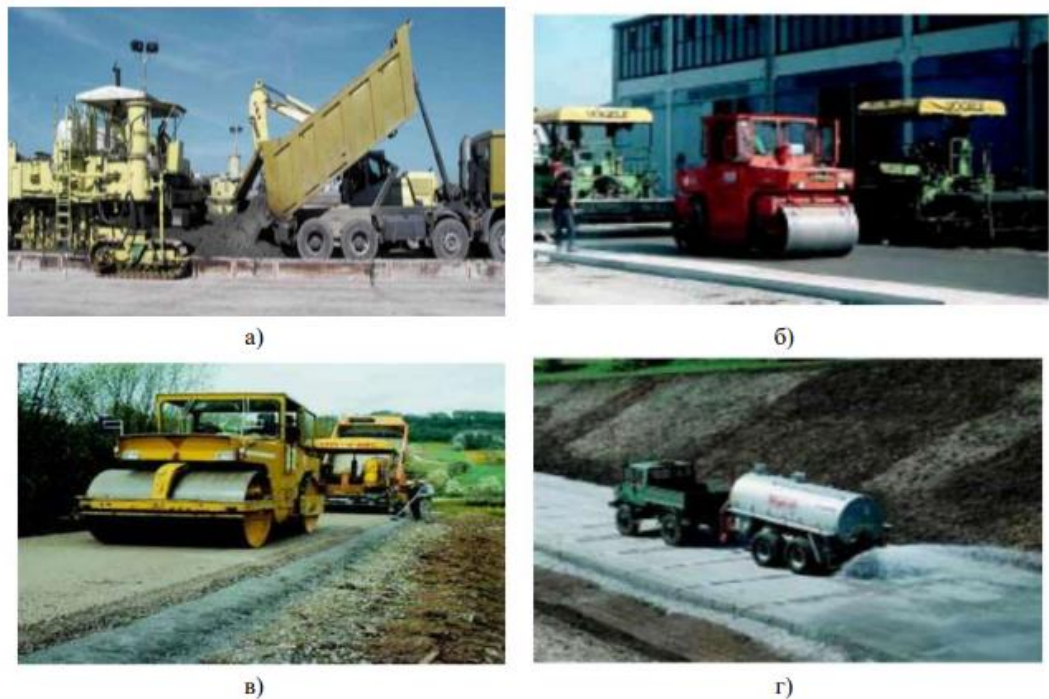


Рисунок 3.1 Приклад укладання УЦБ:

- а) на будівельній ділянці вивантаження ц/бетону; б) розподілення асфальтоукладачами суміші;
в) укочення ЦБ котками; г) догляд за УЦБ

3. Догляд за УЦБ свіжоукладеним необхідно проводити відразу після ущільнення ЦБ і продовжувати до набору 70 % від проєктної критичної міцності протягом 7 діб. Під час твердіння УЦБ для забезпечення нормальних умов твердіння необхідно поливати водою.

На поверхню ЦБ після укочування слід відразу нанести плівкоутворювальний розчин.

Для машини для нанесення плівкоутворюючого матеріалу по [8] на 1000 м² площі $H_r=4,08$:

$$П = \frac{8,2 \cdot 1000}{4,08} = 2009,8 \text{ м}^2/\text{зм}$$

$$n = \frac{800}{2009,8} = 0,39$$

Для нанесення плівкоутворюючого матеріалу треба 1 машина з $K_g=0,39$.

Кількість матеріалу ПМ-100А рівна:

$$Q_{ПМ.}^{зак} = \frac{860}{1000} \cdot 1,248 = 1,07m$$

$$Q_{ПМ.}^{зак} = \frac{14835}{1000} \cdot 1,248 = 18,51m$$

Роботи по облаштуванні а/д потрібно проводити після завершення операцій з планування і укріплення узбіч і укосів земполотна.

Глибина свердління для стояків напрямних стовпчиків та опор дорожніх знаків глибина свердління має бути менше проектної на 3 см.

Розмітку частини проїзду ТЗ потрібно наносити на підметену, промиту, суху поверхню покриття нітрофарбами при її температурі не нижче 15° С і термопластичними матеріалами не нижче 10° С при відносній вологості повітря меншу за 85%.

Розмітку по розм'якшеному покриттю виконувати заборонено. Також її не можна наносити при наявності на його поверхні ДО мастила, плям БНД або мастики.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

В проєкті наведені основні технологічні операції та процеси укладання зведення земполотна, укладання УЦБ асфальтоукладацьником, ущільнення та догляд за покриттям, підраховані продуктивності основних дорожніх машин, для проведення капремонту а/д М-12. Також проведені розрахунки потреби основних ресурсів та матеріалів.

Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

4.1. Розрахунок тривалості будівництва

Тривалість капремонту ділянки а/д М-12 II категорії з покриттям з ущоченого цементобетону довжиною 3,5 км згідно норм [10] рівна 12 місяців.

Збільшення протяжності а/д:

$$\frac{3,5 - 1,725}{3,5} \times 100 = 50,7\%$$

Приріст до норми тривалості капремонту:

$$50,7\% \times 0,32 = 16,22\%$$

Загальна тривалість капремонту з урахуванням екстраполяції на проектній ділянці буде дорівнювати:

$$T = 12 \text{ міс.} \times \frac{100 + 16,22}{100} = 13,95 \text{ місяців}$$

Приймаємо 15 місяців.

Норми тривалості передбачають виконання БМР основними будмашинами в 1 та в деяких випадках зазначених в проєкті, у 2 зміни зміну.

Напрямок потоку від початку траси обумовлено надходженням основних будматеріалів.

4.2. Потреба будівництва в тимчасових спорудах, воді та електриці

Для проведення головних будівельних робіт необхідно влаштувати тимчасові будинки і споруди виробничого призначення: ремонтну майстерню, паливо-заправний пункт, побутові приміщення, склад мастил, туалет на 2 вічка та інші.

Для розміщення будівель та споруд тимчасових споруджено тимчасовий переносний будмайданчик на ПК 2531+50.

Вода для пиття буде транспортуватися з місцевих колодязів н.п. Требухівці, а для техпотреб – меліоративних каналів.

Електроенергія надходитиме від місцевих ліній електропередач.

З бази підрядної організації буде надходити паливо для дорожньо-будівельних машин і механізмів.

4.3. Умови забезпечення будівництва основними матеріалами, напівфабрикатами і конструкціями

Дорожньо-будівельних матеріали будуть доставлятися з наступних місць:

- щебінь всіх фракцій буде доставлятися із кар'єру Рівненського регіону з транспортуванням з/д транспортом на ст. Хмельницький, а далі на ділянку автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) із середньою відстанню транспортування 23 км;

- ЦБ буде перевозитися із Хмельницького ЦБ на а/д з транспортуванням автоцементовозом NURSAN TRAILER на середню відстань 27 км;

- цемент буде надходити із Хмельницького ЦБ на трасу з транспортуванням автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) на середню відстань 27 км;

- АБ та БНД буде надходити із Хмельницького АБ на трасу з транспортуванням автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) на середню відстань 26 км;

- кільця ШС постачатимуться з м. Хмельницький автомобільним транспортом на відстань 27 км;

- металеве оцинковане огороження буде надходити із м. Вінниця 87 км;

- пісок буде надходити із зосередженого резерву ґрунту н.п. Меджибіж автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) на трасу із середньою відстанню транспортування 12,6 км.

Визначаємо кілометраж показників (середніх) доставлення матеріалів від кожної із баз:

$$L_{Гр}^{СЕР} = 6,1 + \frac{0,112}{2} = 6,106 км$$

$$L_{Щ}^{СЕР} = 23 + \frac{0,230}{2} = 23,115 км$$

$$L_{AB3}^{CEP} = 26 + \frac{0,426}{2} = 26,213 \text{ км}$$

$$L_{ЦБ3}^{CEP} = 27 + \frac{0,655}{2} = 27,328 \text{ км}$$

$$L_{ЗБ}^{CEP} = 27 + \frac{0,606}{2} = 27,303 \text{ км.}$$

$$L_{ДБ}^{CEP} = 187 + \frac{0,812}{2} = 187,406 \text{ км}$$

$$L_{П}^{CEP} = 12,6 + \frac{1,2}{2} = 13,2 \text{ км.}$$

Продуктивність автосамоскида DFH 3330A80 (Євро-5) для перевезення ґрунту:

$$P_{AC,3} = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,956 \cdot 1,1}{\frac{2 \cdot 5,06}{6,106} + 0,24} = 143,65 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{109236}{143,65 \cdot 21 \cdot 4} = 9,05.$$

Приймаємо 9 автосамоскидів FOTON AUMARK S VJ1088 з $k_{вук}=9$.

Вода з н.п. Требухівці завозиться ПМ на відстань 3,6 км від пікету, де знаходиться будмайданчик.

Обчислення продуктивності ПМ:

$$P = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,93}{3,6 + 0,25} = 19,81 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{35,32}{19,81} \approx 1,78 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 ПМ для перевезення води з $k_{вук}=0,89$.

Щебінь завозитиметься автосамоскидами DFH 3330A80 (Євро-5) із залізничної станції м. Хмельницький:

$$P_{щ} = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,991 \cdot 1,0}{\frac{3,6}{23} + 0,315} = 172,9 \text{ м}^3/\text{ЗМ}$$

$$n = \frac{536,95}{172,9} \approx 3,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо 3 автосамоскиди DFH 3330A80 (Євро-5) з $k_{вук}=1,03$.

Далі цими ж ТЗ буде перевозитися АБ суміш на ділянки а/д:

$$P_{AC,1} = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,991 \cdot 1,0}{\frac{18,66}{26} + 0,202} = 88,42 \text{ м}^3/\text{зм}$$

$$n = \frac{137,92}{88,42} \approx 1,56 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 автосамоскиди DFH 3330A80 (Євро-5) з $k_{вук}=0,78$.

Розраховуємо потребу у ТЗ для піску:

$$P = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,928}{\frac{3,12}{12,6} + 0,302} = 138,36 \text{ м}^3/\text{зм}$$

$$n = \frac{142,91}{138,36} \approx 1,03 \text{ шт.}$$

Приймаємо 3 автосамоскиди DFH 3330A80 (Євро-5) з $K_e = 1,03$.

Продуктивність автогудронатора:

$$P = \frac{8,2 \cdot 10 \cdot 0,928}{\frac{16,12}{26} + 0,29 + 0,12} = 83,09 \text{ м}^3/\text{зм}$$

Приймаємо 1 автогудронатор.

На період капітального ремонту а/д М-12 пропуск транзиту транспорту проводитиметься через н.п. Меджибіж, Ярославка, Терешівці.

Дорожня укочувана цементобутонна суміш буде вироблятися на місцевому цементобетонному заводі у м. Хмельницький з продуктивністю необхідною для об'єму суміші для постачання на будівельну ділянку. Конструкція застосованого бетонозмішувача та режим його виробництва повинні забезпечувати одержання ЦБ суміші, яка за своїми властивостями задовольняє вимоги для жорсткого ДО з відповідним навантаженням.

Під час виготовлення дорожньої укочуваної цементобетонної суміші планується застосовувати бетонозмішувальні установки зі змішувачем примусового перемішування з горизонтальними валами циклічного типу у кількості 2 штуки.

Продуктивність такої установки згідно [8] на 100 м^3 при $H_q=3,17$ маш/год
рівна:

$$P = \frac{8,2 \cdot 100}{3,17} 258,68 \text{ м}^2/\text{зм}$$

Для зручного і швидкого розвантаження УЦБ суміші в приймальний бункер асфальтоукладача її потрібно транспортувати в автосамоскидах DFH 3330A80 (Євро-5).

ЦБ буде перевозитися на а/д М-12 бетонозмішувачами з продуктивністю:

$$P_B = \frac{8 \cdot 10 \cdot 0,991 \cdot 1,0}{\frac{2 \cdot 1,07 + 12,369}{27} + 0,116} = 121,96$$

$$n = \frac{860}{121,96} = 7,05$$

Потрібно 7 автосамоскидів з $k_{вук}=1$.

Під час транспортування цементобетонної суміші особливу увагу потрібно приділити захисту суміші від зволоження її атмосферними опадами від втрат вологи. Для цього УЦБ в кузові автосамоскида DFH 3330A80 (Євро-5) вкривають вологим брезентом. Після вивантаження цементобетонної суміші в бункер асфальтоукладача кузов автосамоскида потрібно очистити та промити водою.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

У розділі підрахована загальна тривалість проведення капремонту на ділянці а/д М-12. Обчислено продуктивності автотранспорту для перевезення дорожньо-будівельних матеріалів, визначено середні відстані транспортування. Запроектовано спорудження тимчасового будмайданчика.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Усі види здійснення технологічних операцій з капремонту проектної ділянки з улаштуванням УЦБ покриття а/д М-12 здійснюються згідно вимог [12] у визначеному порядку.

До початку виконання потрібних робіт капітального ремонту слід провести наступні заходи:

- для працівників облаштувати безпечну зону;
- місця здійснення робіт забезпечити засобами;
- із зони робіт розробити схему заїзду та виїзду усіх ТЗ;

При укладанні основи зі щебенево-піщаних матеріалів забороняється ближче ніж 1,0 м підїжджати розподільником до брівки укусу насипу.

«Автомобіль, до якого прикріплений розподільник, повинен рухатися заднім ходом та виконувати сигнали працівника, який знаходиться біля розподільника і контролює процес. Категорично заборонено під час роботи розподільника знаходитися у його бункері людям» [12].

В час, коли працює розподільник-профілювальник працівникам забороняється підтягати болти, на ходу заправляти ТЗ, регулювати натяг ременів вібратора або ремонтувати їх, ставати на працюючі частини ТЗ та прочищати форсунки.

Рейко-форми під час укладання укоченої цементобетонної суміші треба закріплювати стандартними штирями у повному комплекті. Перед укладанням УЦБ слід детально перевіряти кріплення рейко-форми та їх стійкість в стиках суміші.

Автомобілям-самоскидам DFH 3330A80 (Євро-5) дозвоний рух лише за сигналом машиніста асфальтоукладача у зоні укладання УЦБ суміші.

Копіювальні струни при роботі асфальтоукладача фіксують в натяжних лебідках.

«В зоні натягування струн та при обробці швів вручну забороняється знаходитися стороннім особам. При натягуванні струн працівникам обов'язково треба знаходитися в спеціальних рукавицях» [12].

Вимоги безпеки під час укладки укоченої цементобетонної суміші:

- працівникам слід знаходитися далі, ніж 1 м під час розвантаження УЦБ суміші з автомобіля в бункер;
- водій завжди повинен подати звуковий сигнал перед початком руху ТЗ заднім ходом.

Під час слабкої видимості не дозволяється завантажувати укочену цементобетонну суміш з автосамоскида DFH 3330A80 (Євро-5) у бункер асфальтоукладача.

Під час встановлення штирів у поздовжніх швах ЦБ покриття працівникам не дозволяється до повної зупинки двигуна асфальтоукладача залишати своє робоче місце.

«Працівники в обов'язковому порядку мають використовувати захисні окуляри та респіратор при продувці стиснутим повітрям від компресора деформаційних швів та при нарізанні у затверділому бетоні деформаційних швів.

Ріжучі диски повинні бути зафіксовані та надійно закріплені на валу і закриті кожухом. Кожний ріжучий диск повинен бути встановлений вертикально, без перекосів від заклинювання та руйнування під час різання» [11].

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 5

У розділі розглянуті основні правила по охороні праці при здійсненні капітального ремонту на а/д М-12 за технологією спорудження ДО з укочуваного цементобетону.

Розділ 6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

6.1. Аналіз вартості основних будматеріалів

В умовах збільшення навантажень на покриття та стрімкого зростання цін на органічні в'язучі постає проблема пошуку альтернативних ДО з дешевших матеріалів із одночасним забезпеченням високої міцності конструкції. Статистика наведених даних на рис. 6.1 та 6.2 вказує на стрімке зростання вартості дорожньо-будівельних матеріалів, особливо органічних в'язучих за країні 3 роки.

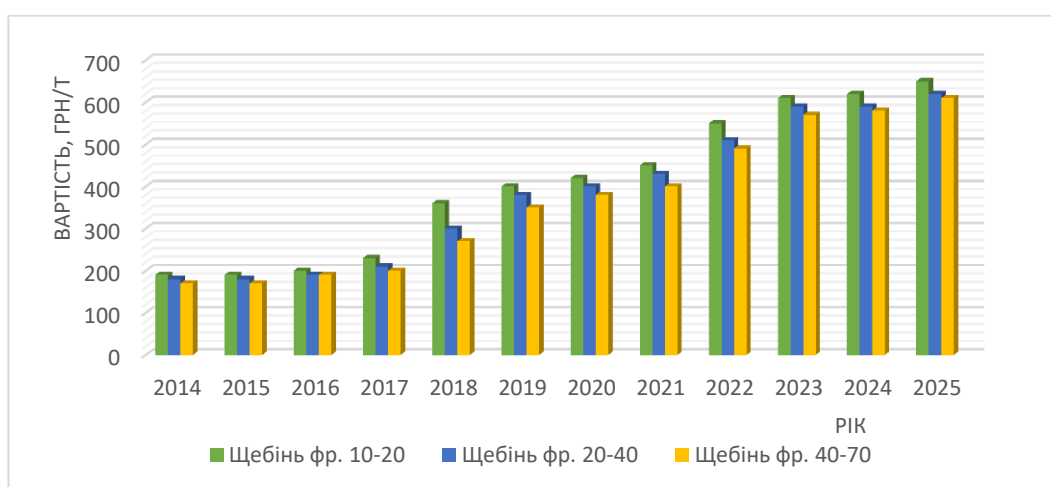


Рисунок 6.1 Зміна вартості щебеню за країні 11 років

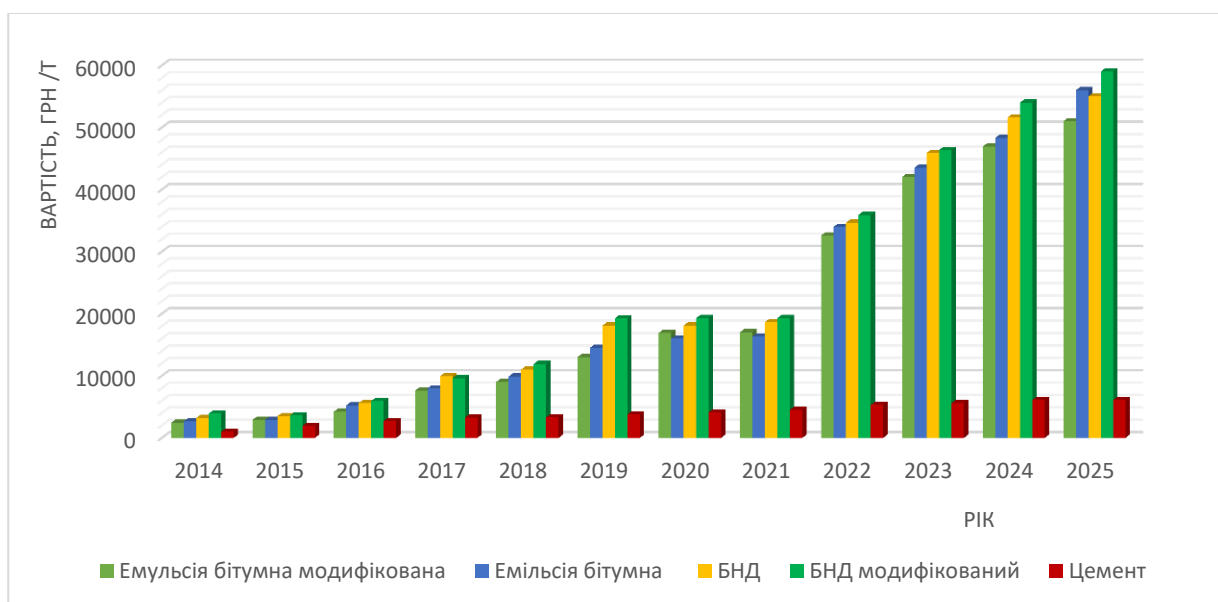


Рисунок 6.2 Зміна вартості в'язучих за країні 11 років

Рис.

Вартість щебеню різних фракцій збільшилася приблизно у 3,55 рази за експоненційною залежністю за країні 11 років. Вартість органічних в'язучих а ці роки зростає більш як в 10 разів. Особливо швидко з темпом 833 грн/т за місяць збільшилася ціна емульсій та БНД за країні 4 роки і досягає на даний час більше 59000 грн./т, продрвжуючи стрімко зростати. Вартість емульсії бітумної повторює зростання ціни БНД з коефіцієнтом 0,69 для традиційної та 0,92 для модифікованої. За майже як 11 років вартість цементу збільшилася за приблизно у 6 разів з 2022 року змінилася незначно.

В Україні виникає необхідність в імпорті через нестачу власної сировини та недостатню кількість виготовлення БНД, щоб задовільнити потреби будівництва в цілому. Тому застосування місцевих матеріалів таких, як цемент, має неабияке значення. Адже з точки зору економіки об'єкт повинен конкретно оцінюватися за ефективність проектування з обґрунтованими рішеннями.

6.2. Розрахунок вартості

Кошторисна вартість капремонту а/д М-12 розраховувалася за [13] за цінами станом на 27.11.2025 року. Норми є обов'язковими при визначенні вартості на а/д і встановлюють основні правила розрахунку вартості робіт проведення капітального ремонту.

Спочатку проводимо розрахунок вартості УЦБ на 1 т матеріалу та сумарну вартість, необхідну для спорудження 1 км погонного покриття. Далі порівнюємо її з вартістю покриття а/д з традиційного ЦБ.

Приймаємо наступну вартість компонентів за 1 тону в цінах на 26 листопада 2025 року для Хмельницької області (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 – Вартість матеріалів

Компоненти суміші	ЦБ	Одиниці виміру	Вартість за 1 т матеріалу	Вартість матеріалу, необхідного для 1 т суміші		Вартість матеріалу, необхідного для 1 км погонного покриття	
				ЦБ	УЦБ	ЦБ	УЦБ
Цемент М500		грн	6600	2772	2112	3988800	3041280
Щебінь 5-10 мм		грн	300	255	240	367200	345600
Щебінь 10-20 мм		грн	350	192,5	210	277200	302400

Пісок	грн	180	127,8	109,8	184032	158112
Фібра дов. 10-25 мм	грн	350000	525	525	756000	756000
Інші матеріали	грн	330	80,5	80,5	115920	115920
Разом	грн		3958,8	3277,3	5700240	4719312

У таблиці 6.2 підрахована вартість ДО з урахуванням затрат на транспортування ЦБ сумішей та спорудження ДО в цілому.

Також розріховуємо повну вартість матеріалу з урахуванням приготування бетонної суміші та транспортування її до об'єкту будівництва. З результатами розрахунків можна ознайомитися у таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – Вартість матеріалів для покриття з урахування усіх витрат

Компоненти ЦБ суміші	Одиниці виміру	Вартість покриття на 1 км а/д		Вартість покриття на всю протяжність а/д	
		ЦБ	УЦБ	ЦБ	УЦБ
Цемент М500	грн	4023300	3129630	6940192,5	5398611,75
Щебінь 5-10 мм	грн	380300	376300	356017,5	649117,5
Щебінь 10-20 мм	грн	287200	319600	495420	854599,5
Пісок	грн	195032	188012	336430,2	580342,095
Фібра дов. 10-25 мм	грн	763000	763000	1316175	1316175
Інші матеріали	грн	126920	126920	218988,75	218988,75
Вартість суміші	грн	5775752	4903462	9963172,2	8458471,95

Отже, як видно із таблиць 6.1 та 6.2 покриття із УЦБ буде вартувати менше на 1504,70025 тис. грн, ніж з ЦБ, укладеного традиційним способом. Це досягається за рахунок зменшення В/Ц співвідношення та затрат меншої кількості матеріалів. Меншими будуть і затрати на укладання УЦБ покриття, оскільки такий ДО не потребує застосування спеціалізованої техніки.

На графіку (рисунок 6.3) відображено порівняння витрат на спорудження та функціонування ділянки а/д М-12 з жорстким та нежорстким ДО на перспективу у 20 років.

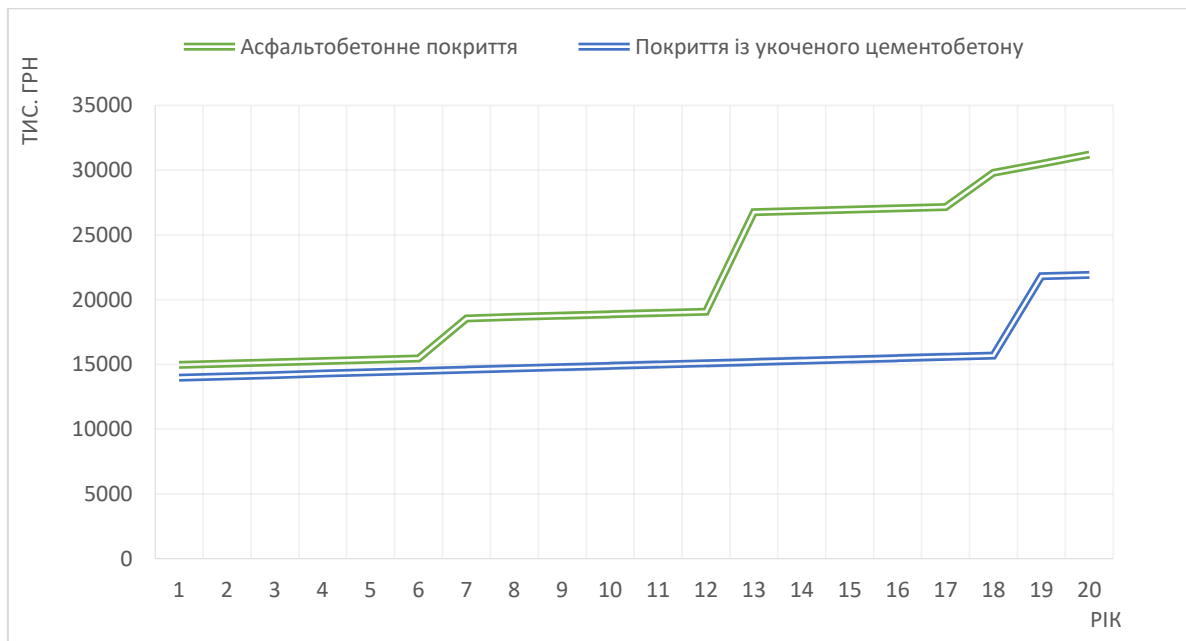


Рисунок 6.3 Порівняння вартості спорудження та функціонування проектної ділянки а/д М-12 з АБ та УЦБ покриття з перспективою на 20 років

На момент будівництва ДО вартість ділянки а/д М-12 з УЦБ буде на 976 тис.грн дешевшою за рахунок використання місцевих матеріалів у порівнянні з покриттям із АБ. На перспективу у 20 років ця сума вже різнитиметься на 9282 тис. грн. Тобто окупність зростає практично у 10 разів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

В розділі підраховано зміна вартості дорожньо-будівельних матеріалів за крайні 11 років. Також наведено порівняння вартості ділянки дороги із УЦБ та ЦБ влаштованого традиційним методом. Окрім цього поведено порівняння вартості спорудження та функціонування проектної ділянки а/д М-12 з АБ покриттям та покриттям з УЦБ покриття з перспективою на 20 років. Розрахунки підтвердили економічну доцільність застосування покриття із укочуваного цементобетону в Україні, а саме на проектній ділянці а/д М-12.

Розділ 7. НАУКОВА ЧАСТИНА

7.1. Актуальність теми

На а/д М-12 за останні роки спостерігається тенденція зростання інтенсивності руху ТЗ і відсотка у ТП великовантажних автівок та багатовісних автопоїздів з підвищеним тиском в пневматиках. Це призводить до передчасних руйнувань і деформацій на дорозі, швидкого виходу її із ладу після ремонту та до значного підвищення собівартості перевезень. Позапланові вимушені ремонти призводять до зменшення продуктивності роботи автотранспорту. погіршення умов проїзду та БР, утворенню заторів і зниження пропускної здатності автошляху. Окрім цього, величезні витрати матеріальних і фінансових ресурсів ведуть до значного погіршення соціального забезпечення населення.

Можливим вирішенням даної проблеми може стати застосування цементобетону для покриття на ділянці а/д М-12. Але, потрібно застосувати таку технологію влаштування шарів ДО із ЦБ, щоб домогтися значної економії енергоємності під час використання необхідних машин та обладнання, а також забезпечити в процесі твердіння меншу усадку бетону.

Проаналізувавши закордонний та вітчизняний досвід та з урахуванням усіх необхідних умов, в проєкті було запропоновано використати укочений ЦБ. Зараз в Україні майже відсутній практичний досвід улаштування покриттям з укочуваного ЦБ (УЦБ) на автомобільних дорогах. Виняток становлять поодинокі мало досліджені ділянки. Тому потрібно встановити доцільність використання укоченого ЦБ на проєктній ділянці а/д М-12 і визначити його переваги та недоліки.

Метою даної роботи є проведення аналізу технології укладання укоченого ЦБ покриття та порівняння фізико-механічних властивостей укоченого та традиційного ЦБ.

У магістерській роботі проведено аналіз українських і закордонних джерел за тематикою, виконані необхідні експериментальні дослідження

цементобетону уложеного дорожнього. В результаті було визначено фізико-механічні властивості УЦБ та виконано їх порівняння з традиційним ЦБ.

7.2. Закордонний досвід

Початок будівництва доріг розпочинається ще в античні часи. «Саме римляни винайшли багат шарове дорожнє полотно, в основі якого були послідовні пласти утрамбованого гравію, що комбінувались з піском» [15].

Перше в Європі АБ дорожнє покриття укладене у 1837 році на площі Згоди – Париж. Перше ЦБ дорожнє покриття в Європі датується 1888 роком. Це площа Блюехера Бреслау – Вроцлав, нині відома як площа Сольна.

Загалом у світі від 3 до 6 % дорожньої мережі складається з ЦБ покриттів. «Особливо це відноситься до автострад і експрес-доріг, для яких висока довговічність має велике значення. Розуміння проблематики будівництва довговічних автострад виразно видно на прикладі США, Польщі та країн ЄС» [15].

ЦБ покриття набули широкого застосування на автошляхах великої кількості країн світу. На рисунку 7.1 відображено кількість а/д з цементобетонним покриттям у відсотковому співвідношенні до доріг з нежорстким ДО у різних країнах.

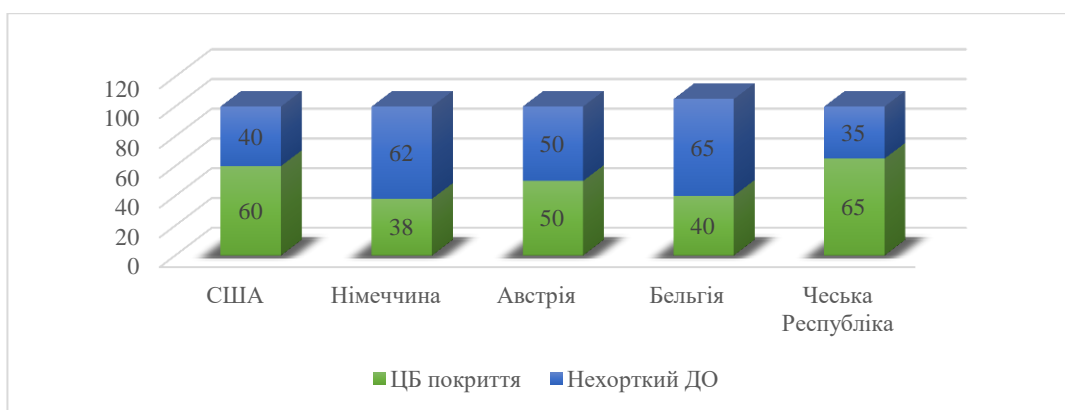


Рисунок 7.1 Кількість а/д з ЦБ покриттям у різних країнах

Як бачимо, лідером за кількістю ЦБ доріг від загальної їх кількості у країні є Чеська Республіка (65 %), хоча донедавна лідирували США (60%).

Аналіз закордонного досвіду та багаторічні спостереження за ЦБ автодорогами України показує ряд недоліків покриттів даного типу, зокрема тріщиноутворення в результаті дії коливання температури, перемінного заморожування, руйнування кромek деформаційних швів ЦБ покриття, його здимання та вплив динамічного навантаження від коліс ТЗ. У 70-ті роки, коли стали замислюватися над економічним зміцненням доріг загального користування та заходами їх енергозбереження, ключову роль відіграло покращене на той час устаткування, завдяки якому було повторно відкрито укочений цементобетон (УЦБ) для будівництва доріг. Адже вперше укочений бетон був застосований у Швеції ще в 30-х роках ХХ століття. Однак дану технологію відкинули після впровадження методу віброущільнення, тому що наявні у той час котки не могли забезпечити належну якість бетону.

У 80-ті роки ХХ століття в будівництві доріг з монолітним ЦБ покриттям почався II етап досліджень, в яких експерти відзначали, що найперспективніші ДО з ЦБ покриттям, адже вони зберігають високі ТЕП протягом тривалого терміну служби при найменших витратах на утримання і ремонт а/д. «В цей же період вперше з'являється термін «укочений бетон англ. roller-compacted concrete (RCC)» або іноді його ще називали «пісний бетон» [16].

Під терміном «пісний бетон» часто розуміють бетони низьких марок з жорстких сумішей, що ущільнюються методом укочування. Пісні бетони дорожні застосовуються для спорудження основ під АБ покриття. «Пісний бетон» має невисоку марку (M75, M100, M200) цементу і понижений його вміст, а для УБЦ можна використовувати марки M300, M400 і більше при більш високому вмісті в'язучого. Тому УЦБ це не завжди є «пісним бетоном».

Спорудження ДО з УБЦ наймасштабніше застосовували у Фінляндії та Швеції. У 1984 році 10000 м² покриттів було побудовано у Швеції, а за 2 роки їх кількість зросла до 100000 м². Потім УЦБ широко використовували у США і Канаді. У 1998 році в США побудували 2,5 млн кв. м покриття за даною технологією, а через 10 років ця цифра збільшилася до 8 млн кв. м. В основному УБЦ застосовувався на контейнерних майданчиках, площах для

великовантажного транспорту, під'їздів до портів, а також для будівництва підпірних стінок.

«Найбільша в світі дамба ГЕС в долині ріки Омо (Ефіопія) – найбільш знаковий проєкт гідроелектроенергетики побудована із УБ має потужність 6,000 МВатт. Висота 175 м та довжина 1,780 м. В тіло дамби вкладено 10,5 млн. м³ УБ» [16].

У США зацікавленість технологією УЦБ для покриттів а/д зростає в основному з двох наступних причин. Першою став пошук методів швидкого зведення покриття а/д у воєнний час із застосуванням у міні кількості нескладного обладнання. Другою причиною стало отримання економічно вигідного і довговічного покриття для руху військової техніки. Саме завдяки застосуванню УБЦ можна було домогтися виконання таких вимог.

Австрійські дорожники вважають, що ціна покриттів з УЦБ складе 50% вартості АБ покриттів, адже протягом терміну служби близько 30 років цементобетонного покриття асфальтобетонні дороги потрібно буде ремонтувати мінімум 3 рази. У Великобританії ефективність спорудження покриттів з УЦБ, включаючи витрати на утримання і ремонт, оцінюють до 75%.

«В Каталозі конструкцій дорожнього одягу Німеччини укочений бетон рекомендується використовувати як для покриття жорсткого так і основи нежорсткого дорожнього одягу» [16].

7. 3. Загальні поняття про УЦБ

Розглянемо детальніше, що ж являє собою технологія УЦБ. «Цементобетон укочений дорожній – багатокомпонентний, каменеvidний матеріал, який отримуємо із суміші цементобетонної укочуваної дорожньої, що характеризується підвищеними вимогами до міцності на розтяг за згину, водонепроникненості, водопоглинання, стираності і морозостійкості» [16].

Технологія влаштування покриттів із УЦБ набула широкого використання. Такі покриття набагато міцніші і довговічніші за АБ, крім того, на їх укладання витрачається значно менше часу. Вміст цементу в укочених

бетонних сумішах значно менший, ніж у звичайному цементобетоні. До переваг матеріалу можна віднести високу зносостійкість і морозостійкість, а також те, що відразу після ущільнення ділянку а/д можна використовувати для проїзду ТЗ. Така властивість досягається жорсткістю (консистенцією) суміші та зменшеним вмістом води.

УЦБ при будівництві доріг може застосовуватися в якості несучого шару основи при інтенсивних і високих навантаженнях від ТЗ. Окрім цього його використовують як несуче дорожнє покриття на а/д, дорогах промислового та сільськогосподарського призначення, стоянках автотранспорту, площах для військових потреб.

УЦБ на відміну від цементогрунту містить більш крупні зерна заповнювача, та більший вміст в'язучого на відміну від ЩПС, обробленого цементом.

Покриття з УЦБ розраховують на сприйняття більших навантажень від ТЗ, а тому вони бути більш морозостійкими та зносостійкими та мати вищу міцність на стиск і розтяг за згину. Витрати часу на будівництво шару УЦБ майже на 30 % менші, відносно до витрат часу на спорудження шарів з традиційного ЦБ. До того ж зменшуються і витрати на зведення конструкції з УЦБ.

Через стрімке збільшення цін на бітум у даний час, зростає потреба застосування місцевих будівельних матеріалів. Тому питання застосування ЦБ покриттів набуває ще більшої актуальності. У порівнянні з традиційними ЦБ сумішами призначені для будівництва покриттів, суміші УЦБ містять менше цементу на 50-115 кг/м³. Відповідно можна досягнути ще більшого зниження витрат. Використовуючи технологію будівництва ДО з УЦБ, можна домогтися великої економії не лише на матеріалах, а й на енергоемності при використанні машин і обладнання та через низьке водоцементне відношення в процесі твердіння забезпечити меншу усадку бетону.

Ще однією перевагою УЦБ те, що поверхня бетонного покриття відображає світла на 45% більше ніж поверхня АБ. Завдяки такій властивості підвищується безпека дорожнього руху.

7.4. Український досвід застосування УЦБ

В Україні технологія УЦБ перебуває в процесі вивчення. Перші спроби застосувати УЦБ на дорогах було зроблено у 1994 році. Спочатку на кафедрі ДБМ та хімії НТУ були проведені дослідження УЦБ [17, 18]. В результаті вченими були розроблені рекомендації по ремонту дослідних ділянок а/д на Чернігівщині.

Так у 1994 році при ремонті а/д Левковичі-Льгов у Чернігівському регіоні були споруджені декілька дослідних ділянок.

У 1995 р. на дослідних ділянках були проведені обстеження, основною метою яких було дослідження стану ДО в цілому, перевірка правильності вибору розрахункових схем і матеріалів ДО та оцінка міцності його конструкції в розрахунковий період.

Перед початком випробувань ДО ретельно вивчалися умови розташування ділянки у плані і поздовжньому профілі, особливості технології будівництва дороги, дані про склад та інтенсивність руху за період експлуатації дороги, можливості проведення ремонтних робіт. Далі візуально оцінювався поверхневий стік, відповідність земполотна вимогам ДБН та стан ДО в цілому.

Дослідження виконувалися за методом статичного навантаження колесом автомобіля групи А (рисунок 7.2):



Характеристики:

- загальна вага автомобіля - 14,170 т;
- навантаження на задню вісь - 11,370 т;
- навантаження на передню вісь - 3,120 т;
- тиск повітря в задніх колесах - по 5,0 атм;
- діаметр круга рівновеликого по площі відбитку заднього колеса авто - 42 см.

Рисунок 7.2 ЗІЛ-ММЗ 45065, N 96-67 ЧНП Чернігівського РайДРБУ

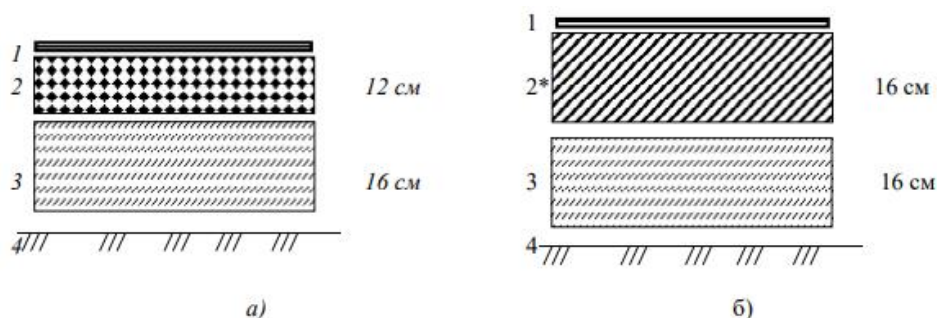
Для визначення пружного прогину поверхні покриття використовувалась балка Бенкельмана (важільний прогиномір з індикатором годинникового типу).



Рисунок 7.3 Випробування балкою Бенкельмана

Методика випробувань полягала у замірюванні прогину поверхні під лівим заднім колесом ЗІЛ-ММЗ 45065. Наконечник прогиноміра встановлювався приблизно по центру чаші прогину між двома балонами колеса. Колесо авто розташовувалося на відстані 1 м від лівої кромки проїжджої частини. Станина приладу вивірялась в горизонтальній площині, далі по індикатору знімався I відлік. Через 1 хвилину після від'їзду автомобіля, коли відновлювалась пружна частина прогину, по індикатору знімався II відлік. Різниця цих відліків визначала значення пружного прогину поверхні покриття.

Експеримент проводився на 2-х ділянках ремонті а/д Левковичі-Льгов (рисунок 7.4).



1 - подвійна поверхнева обробка; 2 - щебінь просочений цементоводною суспензією (ЦВС) або піско-цементною сумішшю (ПЦС), $E_{щ}=450$ МПа; 2* - цементобетон ущільнений котками класу міцності $B_{внб}$ 2,0 марки за морозостійкістю F75; $E_{зг}=20000$ МПа, $E_{зс}=1140$ МПа, $R_{зг}=2,5$ МПа; 3 - ґрунт, укріплений дьогтем, $E_d=160$ МПа; 4 - ґрунт земляного полотна - пісок пилюватий, $E_{тп}=72$ МПа, $\phi=36$, $C=0,014$ МПа.

Рисунок 7.4 « Конструкція дорожнього одягу, що ремонтується:
а) із ЦВС; б) з укоченого цементобетону» [17]

На основі статистичних даних було підраховано дійсні значення величин (рисунок 7.5).

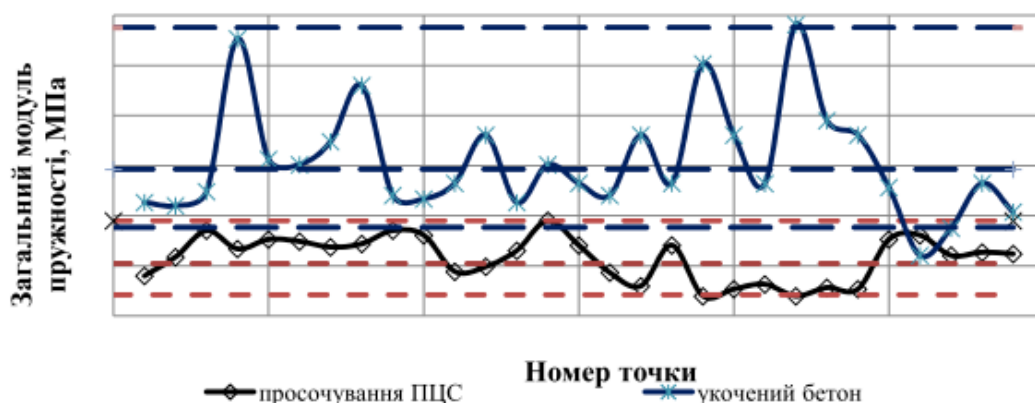


Рисунок 7.5 «Порівняння даних випробувань дорожнього одягу з покриттям із щебеню просоченого ПЦС та укоченого бетону» [17]

Як видно із результатів досліджень, на поверхні шару 0,16 м модуль пружності сягав близько 395 МПа. Поверх шару свіжого бетону влаштована подвійна поверхнева обробка для забезпечення морозостійкості.

Покриття побудовані на Чернігівщині у 1986 р із укоченого бетону в рамках програми Цемент під керівництвом Борисенка А.А. прослужило 25 років. У 2020 р. на а/д було проведено капітальний ремонт.

Проаналізовані результати досліджень дають змогу зробити висновки, що УЦБ є довговічним та достатньо міцним конструктивним шаром ДО, міцність якого наближається до монолітного ЦБ. Експериментальні дослідження конструкції ДО з УЦБ, перевірка технології та засобів механізації показали, що УЦБ доцільно застосовувати на українських дорогах. Однак необхідні подальші дослідження технології більш широко спектру у різних регіонах країни.

7.5. Проектування складу УЦБ та формування зразків для дослідження

УЦБ складається з мінеральних матеріалів, гідралічних в'язучих речовин і за потреби добавок до бетонної суміші та наповнювачів. Опір УЦБ

при стиску відповідає опору ЦБ для дорожніх покриттів (від 30 до 50 Н/мм²). Має клас міцності В 25 ... В 40. При класичному способі спорудження ДО для підвищення рівності й шорсткості поверхні УЦБ вимагає тонкого АБ покриття або поверхневої обробки. Найбільше значення щільності, оптимальну вологість суміші та відношення між масою щебеню та піску встановлюємо експериментально по модифікаційному методу Проктора шляхом ущільнення виготовлених проб.

Коефіцієнтом ущільнення суміші, що характеризує її ущільненість визначається за формулою:

$$k_{уц} = \frac{\rho_d^{\max}}{\rho_d^T},$$

де ρ_d^{\max} – максимальна щільність суміші;

ρ_d^{\max} – теоретична щільність суміші:

$$\rho_d^T = \frac{\rho_B \cdot \rho_{33}}{\rho_B + \rho_{33} \cdot W_{осм}}$$

ρ_B – щільність води;

ρ_{33} – щільність (середня) мінеральних часток заповнювача.

Модифікований показник відношення В/Ц в результаті підрахунків для УЦБ проектного ДО рівний 0,33.

Експериментально-розрахунковим методом визначаємо склад УЦБ у наступній послідовності:

- визначаємо марку цементу за [18, 19] та середню щільність його часток $\rho_{ц} = 3,1 \text{ т/м}^3$;
- за [20] знаходимо марку щебеню;
- підбираємо гранулометричний склад щебеню, піску та відповідно розраховуємо оптимальне співвідношення між ними $n = \text{П/Щ}$;
- за модифікованим методом Проктора визначаємо тах щільність та оптимальну вологість заповнювача та проводимо аналогічні підрахунки після ущільнення суміші;
- розраховуємо вмістпилуватої фракції в заповнювачі з тах щільністю;

- залежно від потрібної марки бетону визначаємо витрату цементу.

Було виготовлено 3 контрольних зразки (1-3) з різним складом УЦБ і проведено наступні дослідження для виявлення і уточнення оптимального складу УЦБ для ДО проектної ділянки. Також було виготовлено 2 зразки традиційного ЦБ для порівняльного аналізу (зразки 4 та 5).

В основу отримання складу суміші УЦБ покладено використання цементу високих марок (М400 та М500) з різним його вмістом, 1-2 фракції щебеню, дрібного піску, добавок та фібри, що призведе до покращення характеристик покриття. Підібрані склади сумішей наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Склади сумішей

Компоненти суміші	ЦБ	Одиниці виміру	№ зразка				
			1	2	3	4	5
Цемент М400		кг/м ³	370	-	-	480	-
Цемент М500		кг/м ³	-	280	320	-	420
Щебінь 5-10 мм		кг/м ³	750	770	800	760	850
Щебінь 10-20 мм		кг/м ³	650	630	600	480	550
Пісок		кг/м ³	580	550	610	560	710
Мінеральна добавка		кг/м ³	26	26	26	26	26
Фібра дов. 10-25 мм		кг/м ³	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Вода		кг/м ³	125	95	110	180	150

Приготування ЦБ суміші виконувалося у наступному порядку:

- фракції щебеню 5-10 і 5-20 мм перемішуються з піском і фіброю;
- до ретельно перемішаної суміші додається цемент та мінеральна добавка і знову перемішується;
- згодом доливається вода і остаточно перемішуються всі компоненти.



а)

б)

в)

Рисунок 7.6 Приготування зразків:

- а) перемішування суміші; б) укладання ЦБ суміші в форму-призму;
- в) укладання ЦБ суміші в форму-куб

Далі для експериментального дослідження властивостей УЦБ в інвентарній металевій опалубці розміром 15x15x60 см виготовлялися зразки-призми (рисунок 7.6). Зразки зберігалися в близьких до реальних умовах. Зразки 1-3 ущільнювалися у 2 шари по 8-9 см ручним котком, а 4-5 перфоратором зі спеціальною насадкою для створення тах реалістичного покриття за технологією УЦБ та традиційного ЦБ шару ДО.

На підвищення зчеплення за допомогою спеціальної металевої щітки наносився поверхневий рельєф покриття.

Далі були проведені дослідження ЦБ зразків-призм.



Рисунок 7.7 Формування зразків-призм

7.6. Характеристики УЦБ

Визначення **модуля пружності** матеріалу покриття обчислювалося за допомогою підрахунків, результати яких занесені до таблиці 7.1. та відображені на рисунках 7.8-7.11.

Таблиця 7.1 – Результати випробувань та визначення дорожнього одягу

№ зразка	Прогин поверхні, мм	Коефіц. варіації прогину, %	Загальний модуль пружн. ДО, МПа			Модуль пружн. покриття, МПа
			min	ср	max	
1	0,77±0,35	21,77	226	366	605	8000
2	0,46±0,18	21,65	279	361	630	8000
3	0,79±0,27	21,26	280	370	646	8100

4	$0,79 \pm 0,28$	23,31	298	389	619	8100
5	$0,77 \pm 0,35$	21,69	281	386	690	8100

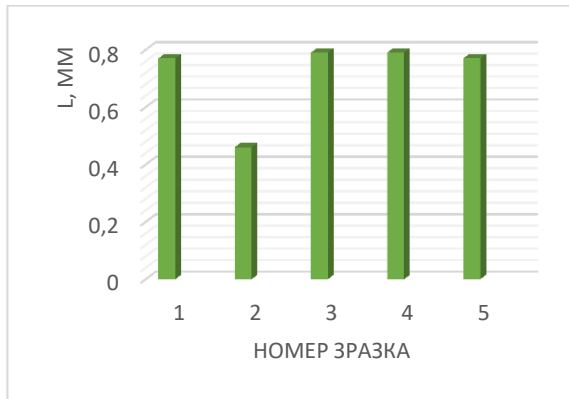


Рисунок 7.8 Прогин поверхні

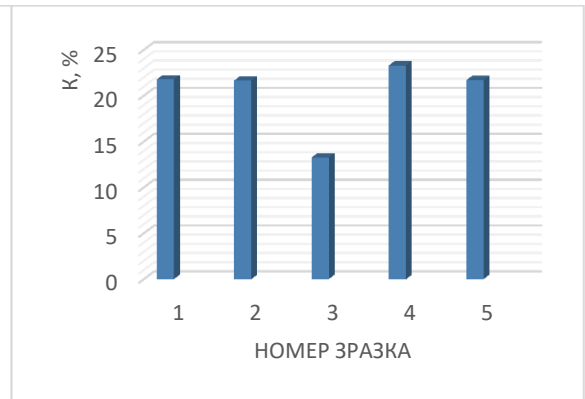


Рисунок 7.9 Коефіцієнт варіації прогину

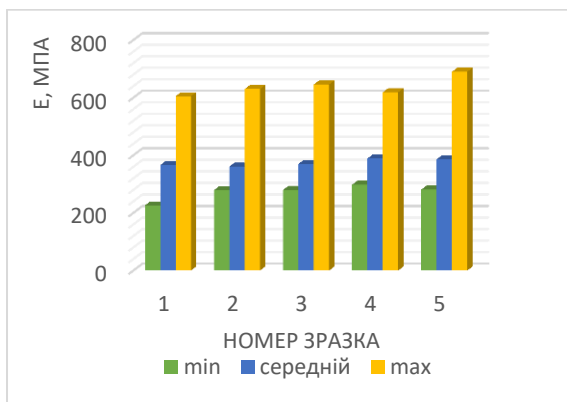


Рисунок 7.10 Загальний модуль пружності ДО

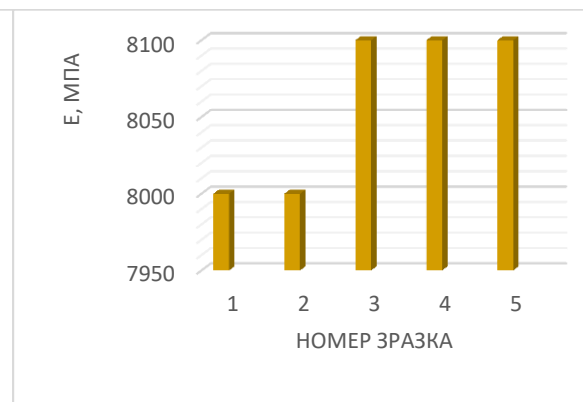


Рисунок 7.11 Модуль пружності покриття

Порівняння результатів розрахунків показали подібність значень теоретично встановлених і фактичних модулів пружності шарів ДО із традиційного ЦБ та із УЦБ. З поміж 3-х зразків сумішей УЦБ, найкращі показники має зразок №3, що практично нічим не відрізняється зразків №4 та №5.

Визначення міцності. Для дослідження переваг та недоліків фізико-механічних характеристик УЦБ у порівнянні з традиційним віброущільненим ЦБ покриттям було проведено ряд лабораторних досліджень.

Випробування ЦБ зразків-призм стиск та на розтяг при вигині проведені згідно [21] при температурі 180°C на гідравлічному пресі. Дослідження зразків на стиск проводилося шляхом навантаження торцевої частини напівпризм за допомогою 2-х металевих пластин розміром у плані 15x15 см завтовшки 1 см (рисунок 7.12).



Рисунок 7.12 Випробування на міцність: а – зразка-призми; б -зразка-куба

У таблицях 7.2 та 7.3 та на рисунках 7.13 та 7.14 наведені результати обробки досліджень ЦБ зразків. Для оцінки суміші твердої ЦБ суміші використовувався пристрій Вебе.

Таблиця 7.2 – Визначення міцності ЦБ на розтяг при вигині

№ зразка	Площа, см ²	Момент опору, см ³	Руйнівне зусилля, кгс	Згинаючий момент, кгс·см	Міцність на розтяг при згині, МПа	
					3 доби	28 діб
1	225	563	5500	28600	4,26	4,30
2					4,66	4,67
3					5,12	5,16
4					-	4,96
5					-	5,13

Таблиця 7.3 – Визначення міцності цементобетону на стиск

№ зразка	Площа, см ²	Руйнівне зусилля, кгс	Міцність на стиснення, МПа		Середнє відхилення, МПа	Клас бетону
			3 доби	28 діб		
1	225	133600	59,6	60,3	-0,8	B20
2			63,5	63,5	+3,1	B20
3			65,3	65,3	+0,7	B25
4			-	63,9	-1,0	B20
5			-	65,5	+1,1	B25

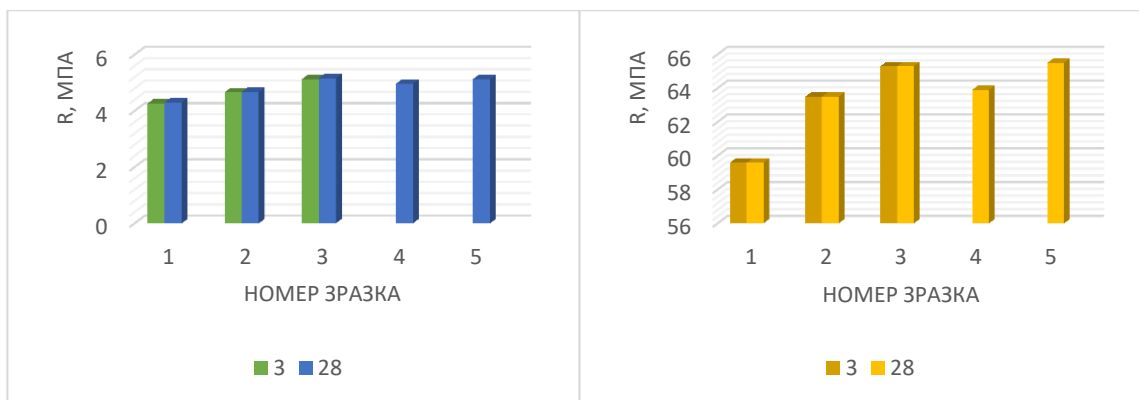


Рисунок 7.13 Міцність ЦБ на розтяг при вигині

Рисунок 7.14 Міцність ЦБ на стиск

Найбільшу практично однакову міцність на стиск та на вигин мають зразки №3 та №5. Як видно з рисунків, УЦБ набирає міцність вже на 3 добу після укладання і зберігає її надалі, тоді, як ЦБ суміш, влаштована традиційним методом досягає потрібної міцності лише на 28 добу. Це доводить те, що покриття з УЦБ можна використовувати для проїзду ТЗ на 3 тижні раніше, чим швидше можна покращити дорожні умови.

Дослідження на **морозостійкість** проводилися згідно з [22]. Основні зразки були занурені в контейнерах у морозильну камеру з мінімальною відстанню між ними та між зразками і стелажем 50 мм.



Рисунок 7.15 Проведення дослідження на морозостійкість

Початком заморожування прийнятий момент досягнення у камері температури -16°C . Далі проводилися цикли заморожування (до -18°C) та відтавання ($+18^{\circ}\text{C}$). Також зразки були зважені до початку та після проведення експерименту. Через 2-4 год після витягання із ванни зразки досліджувалися на

стиск. Результати дослідження занесено до таблиці 7.4 та відображені на рисунку 7.16.

Таблиця 7.4 – Значення показників морозостійкості

Склад	Ч.ч.	Міцність на стиск зразків, МПа	Серед. міцність, МПа	Міцність на стиск, МПа		Зміна міцності після 20 циклів, не більше, %		Зміна маси після 20 циклів, не більше, %	
				20 циклів	Серед. міцність	За [18]	Фактична	За [18]	Фактична
Зразок №1									
Контрольний	1-1	31,6	34,7	-	-	-	-	-	-
	1-2	35,0							
	1-3	36,1							
	1-4	35,5							
	1-5	34,3							
	1-6	35,7							
Основний	1-7	-	-	33,3	33,31	5	4,0	3	2,5
	1-8			34,9					
	1-9			33,2					
	1-10			32,6					
	1-11			33,3					
	1-12			32,6					
Зразок №2									
Контрольний	1-1	36,5	37,21	-	-	-	-	-	-
	1-2	36,3							
	1-3	37,2							
	1-4	38,1							
	1-5	37,7							
	1-6	37,5							
Основний	1-7	-	-	35,7	35,98	5	3,3	3	2,7
	1-8			36,7					
	1-9			36,0					
	1-10			36,3					
	1-11			35,3					
	1-12			35,9					
Зразок №3									
Контрольний	1-1	37,1	37,75	-	-	-	-	-	-
	1-2	37,2							
	1-3	37,9							
	1-4	38,3							
	1-5	38,2							
	1-6	37,8							
О	1-7	-	-	36,1	36,68	5	2,8	3	1,6

	1-8			36,9					
	1-9			37,0					
	1-10			37,7					
	1-11			36,6					
	1-12			35,8					
Зразок №4									
Контрольний	1-1	28,9	33,6	-	-	-	-	-	-
	1-2	34,2							
	1-3	35,5							
	1-4	34,7							
	1-5	33,5							
	1-6	34,8							
Основний	1-7	-	-	33,2	32,62	5	2,9	3	2,9
	1-8			34,0					
	1-9			32,5					
	1-10			31,6					
	1-11			32,6					
	1-12			31,8					
Зразок №5									
Контрольний	1-1	29,1	35,22	-	-	-	-	-	-
	1-2	35,2							
	1-3	36,0							
	1-4	35,7							
	1-5	34,5							
	1-6	35,8							
Основний	1-7	-	-	34,1	33,78	5	4,0	3	2,6
	1-8			35,0					
	1-9			34,3					
	1-10			33,7					
	1-11			33,5					
	1-12			32,1					

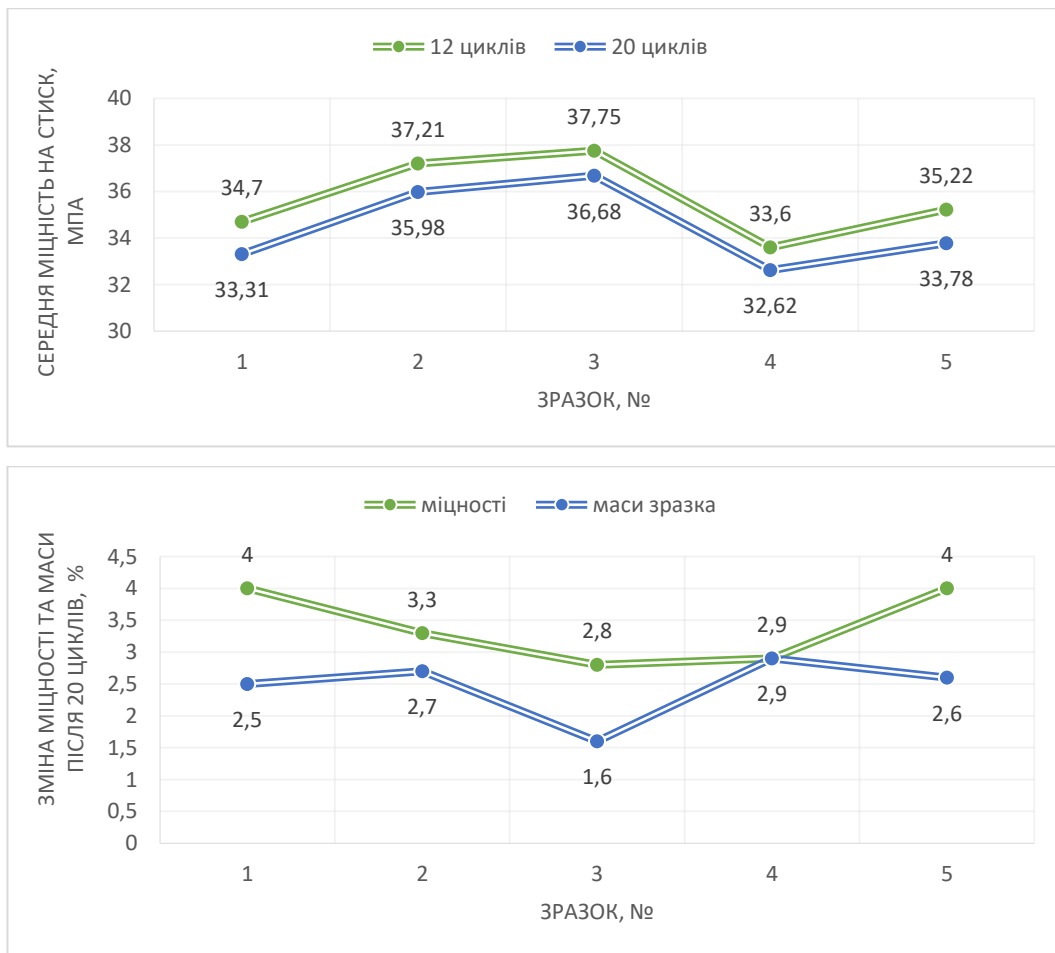


Рисунок 7.16 Морозостійкість

Усі зразки задовільняють вимогам морозостійкості та мають вищу марку за F200 відповідно до [22]. Як видно, найвищу міцність 35,98 та 36,68 МПа при впливі низьких температур мають зразки 2 та 3 відповідно. Найменшу втрату міцності (2,8%) та маси (1,6%) продемонстрував матеріал для покриття зразка №3. Тобто це доводить, що укочений цементобетон має вищу стійкість до впливу низьких температур.

Наступне дослідження було проведене з метою виявлення **впливу агресивного середовища на міцність** зразків. Випробування дає можливість комплексно оцінити стан ЦБ після тривалого впливу агресивних чинників. Для моделювання різноманітних агресивних чинників на покриття застосовувалися такі речовини: для імітації кислотної корозії 5% HCl, для імітації сольового впливу 5% NaCl, для сульфатного впливу 5% Na₂SO₄.

Попередньо виготовлені зразки розмітом 10x10 см занурювалися у спеціально підготовлені розчини з даними речовинами на 21 день. Після чого проводилася візуальна оцінка зразків та визначення їх міцності. Результати відображено у таблиці 7.5 та на рисунку 7.17.

Експериментальні дослідження показали, що усі зразки практично однакового реагують на агресивне середовище. Показники втрати міцності малочим відрізняються при різних складах та технологіях ЦБ та відповідають нормам [23]. Окрім цього у порівнянні з нежорстким ДО мають показують кращі результати.

Таблиця 7.5 – Значення показників впливу агресивного середовища

Тип середовища	№ зразка	Міцність на стиск, МПа	Втрата міцності, %
5% HCl	1	53,13	12
	2	55,88	13
	3	57,46	12
	4	56,87	11
	5	58,30	11
5% NaCl	1	41,05	32
	2	43,82	31
	3	48,32	26
	4	44,73	30
	5	48,47	26
5% Na ₂ SO ₄	1	30,79	49
	2	31,75	50
	3	35,92	45
	4	33,87	47
	5	37,35	43

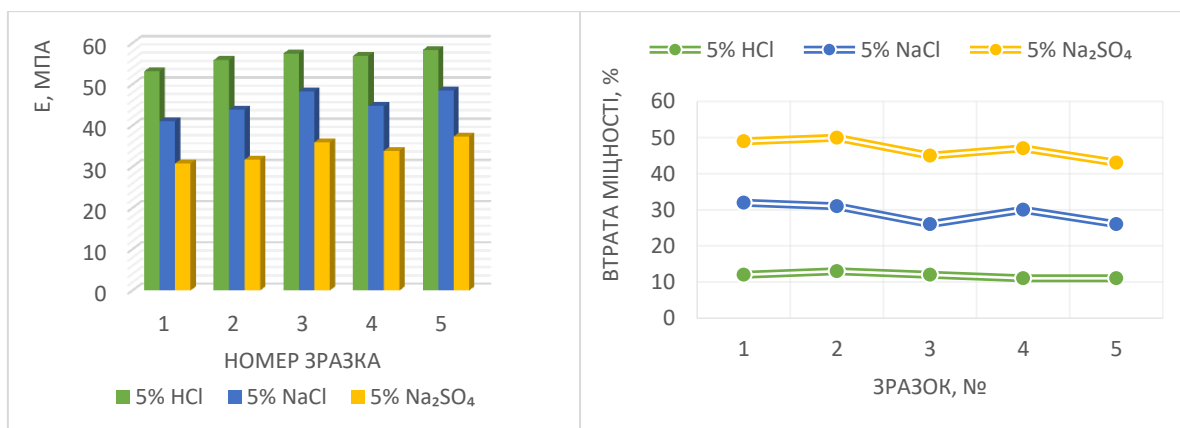


Рисунок 7.17 Міцність матеріалів та відсоток її втрати внаслідок дії агресивних речовин

Стираність поверхні. Важливою характеристикою для покриттів доріг, яка в значній мірі визначає їх довговічність, є зносостійкість, адже ЦБ покриття розраховують на вплив великих навантажень при значній інтенсивності руху ТЗ. Зносостійкість визначається показником стираності поверхні, який до того ж впливає на здатність матеріалу чинити опір комплексному морозосольовому впливу. При спорудженні ЦБ покриттів рекомендується застосовувати бетони зі стираністю не вище $0,50 \text{ г/см}^2$ [24].

Визначення стираності здійснювалося згідно [24]. Зі зразків вирізалися куби розміром $7 \times 7 \times 7 \text{ см}$. Для визначення стираності поверхні було застосовано сухий абразив на лабораторному крузі стирання ЛКІ-3 (рисунок 7.17). Дані щодо стираності досліджуваних зразків відображені на рисунку 7.19.



Рисунок 7.18 Лабораторне коло стирання ЛКІ-3

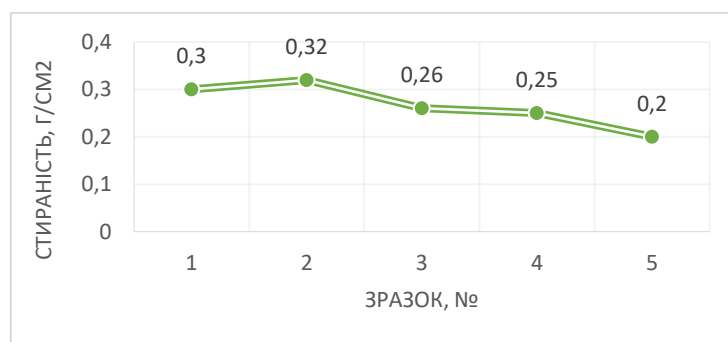


Рисунок 7.19 Стираність поверхні

ЦБ покриття характеризуються відмінною зносостійкістю. Це підтвержують і результати досліджень. Як видно на рисунку 7.18 стираність для усіх зразків $G < 0,32 \text{ г/см}^2$, що забезпечує достатню довговічність матеріалу для спорудження покриттів. Найкращі показники стираності продемонстрували

зразки 3-5. У покриттів УЦБ зношеність поверхні дещо більша, за ЦБ покриття, влаштовані традиційним способом. Тому іноді такі покриття потребують поверхневої обробки.

Дослідження **усадки** бетонів і фібробетонів При будівництві нових покриттів вагомим показником є величина усадочних деформацій. З позиції тріщиноутворення у ЦБ покриттях та якості роботи на попередньому шарі ДО вона є важливою характеристикою. Тому потрібно обирати такі технологічні операції, які мінімізують усадочні деформації. як за рахунок відповідних технологічних операцій при влаштуванні та ремонті, насамперед завдяки здійсненню догляду за бетоном, так і за рахунок застосування модифікаторів та дисперсного армування.

Усадка УЦБ та ЦБ в повітряно-сухих умовах при твердінні визначалася слідуючим чином. Першу добу після формування ЦБ зразки зберігалися у формах у камері нормального твердіння. Після цього зразки розпалублювалися та зберігалися у повітряно-сухих умовах згідно [25] при температура 20 ± 2 °C та вологості $60 \pm 5\%$. Відповідно були створені умови твердіння бетонів дуже подібні до реальних умов твердіння на а/д.

За допомогою зафіксованих на штативах індикаторів годинникового типу через 3 та 6 годин, 1, 2, 3, 7 і 28 діб у повітряно-сухих умовах фіксувалася усадка зразків-призм (рис. 6.20). Дані усадки ЦБ різних видів та складів відображені у таблиці 7.6. та рисунку 7.20.

Таблиця 7.6 – Показники усадки ЦБ

№ зразка	Усадка $\epsilon \times 10^{-4}$						
	к-ть годин		к-ть діб				
	3	6	1	2	3	7	28
1	0,609	0,767	1,069	1,081	1,125	1,145	1,168
2	0,605	0,769	1,063	1,093	1,131	1,123	1,146
3	0,595	0,693	1,051	1,099	1,125	1,128	1,133
4	0,606	0,787	1,079	1,107	1,130	1,208	1,246
5	0,601	0,738	1,075	1,105	1,129	1,193	1,232

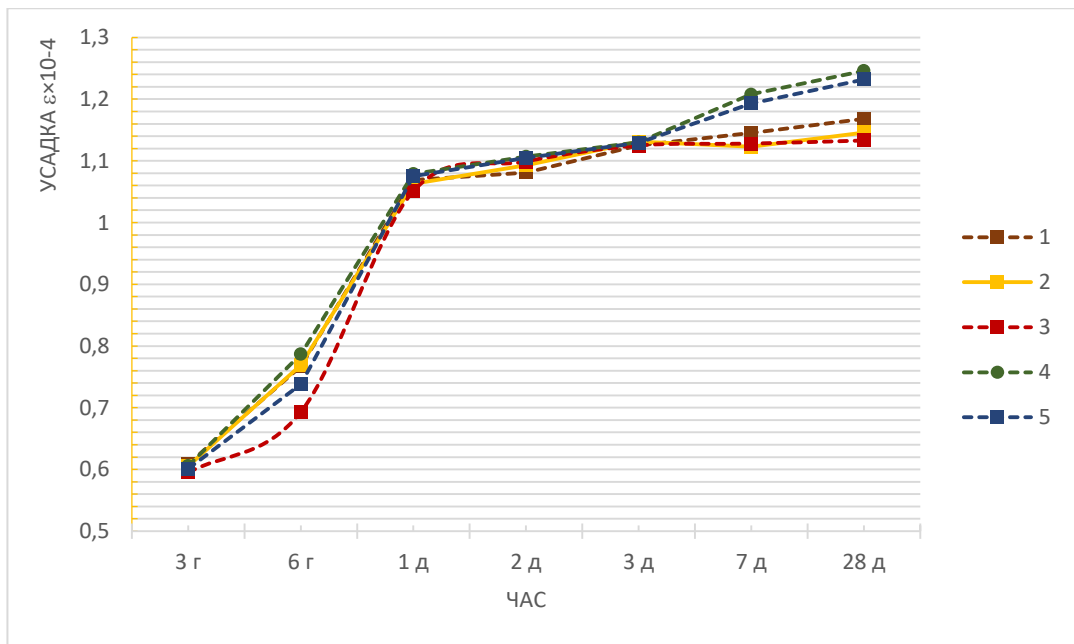


Рисунок 7.20 Графік усадки ЦБ

Аналіз графіків на рисунку 7.20 дає змогу зрозуміти, що процес усадки продовжується після 7 діб твердіння ЦБ, однак в УЦБ дана величина залишається мінімальною. Також видно, що УЦБ в порівнянні з традиційними ЦБ характеризуються відчутно меншою усадкою. Це пояснюється зменшеним вмістом води у матеріалі, а відповідно і меншою втратою вологи. При цьому найкращі показники мають бетони вищої марки (зразки №3 серед УЦБ та №5 серед ЦБ).

Таким чином, за рахунок в УЦБ меншої кількості води усадка бетонів знижується на 8-12 %. Після 7 діб твердіння у повітряно-сухих умовах усадка УЦБ становить $1,28 \times 10^{-4}$ (зразок №3), а традиційного ЦБ – $1,93 \times 10^{-4}$ (зразок №5). При цьому гранична усадка ЦБ має бути меншою від величини $\varepsilon \approx 2,5 \times 10^{-4}$, або 0,25 мм/м. За допомогою зменшення показників об'ємних змін при твердінні ЦБ можна прогнозувати високу стійкість УЦБ від тріщиноутворення та покращення адгезії з основою ДО.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7

В розділі проаналізовано закордонний та вітчизняний досвід застосування УЦБ. Виконані порівняльні лабораторні дослідження доводять, що зразки із

запропонованих видів ЦБ суміші відповідають вимогам норм, що є підтвердженням можливості використання сумішей укоченого цементобетону для влаштування шарів дорожнього одягу.

Встановлено, що перевагами застосування УЦБ є зменшений вміст цементу в суміші, швидкість влаштування покриття ДО і відкриття руху по ньому, стійкість до великих навантажень і впливу кліматичних чинників, кращі показники морозостійкості. Укочений ЦБ дає меншу усадку, ніж традиційний ЦБ. Це дає змогу зменшити усадочні напруження та попередити небезпеку появи тріщин.

Згідно проведених досліджень укочуваний цементобетон рекомендовано для будівництва дорожнього одягу при проведенні капітального ремонту на проектній ділянці а/д М-12.

Література

1. Державні будівельні норми /Автомобільні дороги – ДБН В.2.3. – 4 – 2015: Держбуд України: Київ, 2015 – 115 с.
2. Державні будівельні норми / Містобудування. Територіальне планування і забудова міських і сільських поселень.- ДБН 360-92**.: Держбуд України: Київ, 2001. – 99 с.
3. [Електронний ресурс] Переваги цементобетонних доріг в Укаїні / UIFuture – <https://uifuture.org/reports/perevagi-cementobetonnix-dorig-v-ukrayini-dopovid>.
4. ДСТУ-Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорстких дорожніх одягів.
5. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
6. Бойчук В. С. Довідник дорожника. [Текст] / В. С. Бойчук // – К.: Урожай, 2002. – 560 с.
7. ДСТУ Б Д.2.2-1:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Земляні роботи (Збірник 1).
8. ДСТУ Б Д.2.2-27:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги (Збірник 27).
9. Технологія будівництва автомобільних доріг [текст]: Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання /уклад. О.П. Шимчук – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 172 с.
10. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів.
11. Проектування автомобільних доріг : метод. вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та

будівництво спец. 192 Будівництво та цивільна інженерія спеціалізації Автомобільні дороги та аеродроми денної та заоч. форм навч. / В.О. Процюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2021. – 64 с.

12. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)

13. Переваги цементобетонних доріг в Україні. Економічна оцінка [Електронний ресурс] – Доступно з http://www.ukrcement.com.ua/zakhodi/icalrepeat.detail/2017/11/14/48/-/kruhlyi-stil-na-temu-betonnidorohy-realist-dlia-ukrainy-pid-holovuvanniam-pershoho-zastupnyka-holovy-komitetu-z-pytan-transport-vasiunyka-iv-za-uch.html?published_fv=-1.

14. Ціноутворення в будівництві: Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузь знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / Д.Я. Кислюк. – Луцьк : Луцький НТУ, 2022. – 60 с.

15. Гамеляк І.П., Шургая А.Г., Якименко Я.М., Чиженко Н.П., Карпюк О.А. Порівняння сучасних добавок для високоміцного дорожнього бетону // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 92. – К.: НТУ, 2014. – С. 38 – 49.

16. Гамеляк І. П., Корецький А.С., Корецький С.С. Про необхідність будівництва цементобетонних покриттів в Україні. – Автошляховик України 5'/201, Науково-технічний збірник, 2013 – С. 24 – 26.

17. Гамеляк І. П., Островерхий О. Г., Дмитриченко А. М. Досвід впровадження укоченого цементобетону в дорожньому будівництві. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2018. Вип. 108. 2020. С. 96–108.

18. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови. – Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 121 с.

19. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. – Київ, ДП «Орган з сертифікації цементів «СЕПРОЦЕМ», 2011. – 213 с..

20. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань.

21. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.

22. ДСТУ Б В.2.7-48-96 Будівельні матеріали. Бетони. Базовий (перший) метод визначення морозостійкості. Загальні вимоги.

23. ДСТУ 8991:2020 Цементобетон дорожній. Метод визначення морозостійкості за показником міцності на розтяг за згином

24. ДСТУ Б В.2.7-212:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стираності.

25. ДСТУ Б В.2.7-216:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення деформацій усадки та повзучості.

26. Будівництво та цивільна інженерія. Магістерський курс: Навчальний посібник / О. В. Дзюбинська, С. Я. Дробишинець, Д. Я. Кислюк, С. В. Ротко, В. П. Самчук, С. В. Синій, П. О. Сунак, О. А. Ужегова, О. С. Чапюк .– Луцьк: ЛНТУ, 2023. – 675 с.

27. Державні будівельні норми /Навантаження і впливи. Норми проектування – ДБН В.1.2. – 2 – 2006: Держбуд України: Київ, 2006 – 115 с.

28. Державний стандарт України / Правила визначення вартості будівництва та порядку проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів» - ДСТУ Б Д.1.1-1:2013: Держбуд України: Київ, 2013. – 96 с.

29. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.

30. [Електронний ресурс] – Доступно <https://uniprom.com.ua/tehnologiya-obladnannya-vibrorezonansnoyi-destrukcziyi-cementobetonного-pokrittya/>

31. МР В.2.7-37641918-885:2017 Методичні рекомендації щодо забезпечення надійності конструкцій жорстких дорожніх одягів автомобільних доріг при використанні високоміцного цементобетону.

32. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.

